雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 157

2015 DECEMBER

未來的電哪裡來？你不可不知的台灣電力真相

台灣發電方式總體檢

日本參議員率團來台 進行核能技術交流

歐洲公眾參與放射性廢棄物管理的經驗

美國卡拉威核電廠新建乾式貯存設施完工

韓國新古里電廠3號機開始裝填燃料



核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.157 雙月刊
DECEMBER中華民國一〇四年十二月號

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一O一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編　者　的　話

根據經濟部能源局103年6月所做的「民眾能源知識調查」結果顯示，高達8成的民眾不知道「台灣98%能源依賴進口」，不到2成民眾知道「太陽能平均一天發電時間不到5小時」。台灣民眾對於能源的知識顯然不足，但卻又無法心平氣和的去瞭解各種發電方式的利弊得失，而後再權衡與抉擇。今（104）年盛夏7月時，因全台持續高溫，麥寮、和平及協和電廠破管停機，導致瞬間尖峰用電量創新高，備轉容量率低至1.9%，亮出紅燈的限電警戒，已瀕臨工業限電邊緣。鑑於電力的種種不穩定因素，最終迫使台灣高科技產業大老-台積電考慮自蓋電廠。

103年起，林口、通宵、大林及協和等火力電廠相繼除役；自107年的核一廠、110年的核二廠，至113年的核三廠都將陸續面臨除役問題。原本規劃以核四廠替補這些電力缺口，但如今核四廠卻遭封存而動彈不得，台灣的能源供應已明顯捉襟見肘。

美國海洋與大氣總署（NOAA）發布的每月報告顯示，今年前10個月中就有8個月的溫度創下當月最高溫紀錄。根據報告顯示，從年初至今，陸地和海洋表面的平均溫度比20世紀高出攝氏0.86度，10月更是高出0.98度，是史上高於正常水準最多的一個月。11月22日是二十四節氣裡的「小雪」，天氣應該要冷了，嘉義卻仍達到31度的高溫。氣候暖化造成諸多天氣異象，居住在地球上的所有人都有責任盡力維護我們生存的環境。

歐洲委員會聯合研究中心發布的「公眾參與歐洲原子能共同體計畫與放射性廢棄物管理經驗」報告中顯示，放射性廢棄物管理因其特殊性而一直存有爭議。因為在選址階段缺乏與公眾進行充分的溝通，依過往經驗發現，公眾與當地社區應該參與國家放射性廢棄物政策與計畫的制訂，而不僅是參與計畫後的實施；且公眾愈早開始參與，愈有利於整個政策的制訂。此外，公眾與當地社區的參與要定期且常態性的進行。

另外，一年一度的全球核能婦女會年會，於8月22日在奧地利維也納國際中心盛大展開，全球約500人參與此次盛會，我國亦共襄盛舉，派出8人代表團前往參加。在「維也納國際中心的核能組織」一文中，詳細介紹了國際原子能總署在維也納的核能相關組織，讓讀者們得以一窺國際核能組織的真實樣貌。另外，由中華民國核能學會贊助經費的清華大學核工所學生，也與讀者們分享此番與會的見聞與感想，讓我們藉由年輕學子的視野，看看他們所理解的核能產業。

未來的電哪裡來？你不可不知的 台灣電力真相

文‧編輯室

根據經濟部能源局於103年6月所作的「民眾能源認知調查」顯示，高達8成民眾不知道「台灣98%能源依賴進口」，不到2成民眾知道「太陽能平均一天發電時間不滿5小時」。現在，核四廠1號機封存、2號機停工之後，已經可以確定我國主力型電廠不足以支撐基本電力；考量近年許多老舊電廠也將陸續除役，加上經濟逐步好轉、夏日尖峰電力屢創新高，當主力型電廠不足以應付基本電力的需求時，一旦電力供應吃緊，以台灣這種島嶼型獨立電力系統，根本無法由國外獲取支援，我國短、中期缺電的風險很難避免。

1、老舊電廠陸續除役，汰舊換新仍難補足尖峰缺口

■老舊火力機組將相繼關閉：

設備與機組運轉多年，我國許多老舊火力電廠已效率不彰，自103年起，包含林口1-2號機組、通霄1-5號機組、大林3-5號機組及協和1-4號機組等火力電廠機組將相繼關閉，至114年關閉的火力機組將超過現有火力電廠裝置容量的2成。

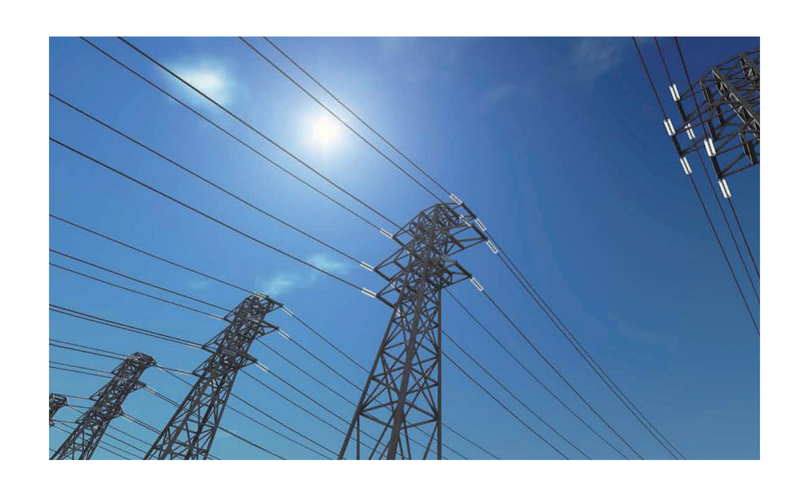
■核電廠面臨屆齡除役：

核四廠是我國後續供電的重要準備方案，在核四廠順利商轉的前提下，未來核一廠、核二廠及核三廠將在107年至114年間陸續屆齡除役，屆時電力供應將減少約400億度。若核四商轉每年可供電193億度，相當於全國820萬家戶住宅電力需求的45%。

■各類電廠新建不易：

傳統燃煤、燃氣電廠興建常面臨民眾的抗爭，甚至屬於再生能源的風力發電也遭受居民的強烈反對，加上環評時程的不確定因素，如果核四不商轉，替代的電力建設也緩不濟急。

■由於電廠機組換新趕不上汰舊，尖峰需求又增加，在核四封存後，未來夏日尖峰電力缺口將難補足，缺電風險大增。



2、未來電力需求將隨經濟發展不斷增加

■即使是經濟發展趨緩的已開發國家，電力消費仍會與經濟成長呈正向連動。2000-2010的10年間，經濟合作開發組織（OECD）國家經濟年均成長率為1.51%，同時期的電力消費年均成長率為1.02%，這與我國的用電趨勢相同。

■根據IEA的資料顯示，未來20年間（2011-2030年），只有少數國家，如德國與瑞士在預估經濟成長率1%的情況之下，才可能達到電力負成長，其餘即使是經濟發展已趨緩的OECD國家，未來電力需求仍將隨經濟發展而呈正成長。

■我國未來在經濟持續發展與積極導入節能減碳的措施下，預估電力成長將趨緩，但是相較於101年的電力系統，114年的需要用電量仍將增加26.5%。

3、電力系統孤立，能源依賴進口

■電力系統孤立，無法向國外購電：

我國屬於島嶼型獨立電力系統，電力供應吃緊時無法由國外支援，如因夏季高溫導致用電需求暴增，或因再生能源間歇性供電不穩定，將會造成全國性或地區性的停限電。

■能源高度依賴進口，易受國際事件衝擊而短缺：

我國98%能源依賴進口，如發生能源輸出地區政經情事變化與軍事衝突，或能源生產與運輸意外，造成燃料供應不及，我國電力就無法穩定供應。

■極端氣候頻傳，衝擊電力供需：

近年極端氣候影響，夏季常發生颱風暴雨，造成液化天然氣運輸靠岸困難，化石能源存量不足的緊張情勢。此外，夏季偶發的酷熱高溫，也造成電力系統需求突然增加，供需失衡風險不小。

4、備用容量率不足，缺電限電風險大增

■近年我國電力系統實際備用容量率快速下降，至103年已降至14.7%，已經低於15%的規劃目標。103年夏天南部火力電廠因高雄氣爆事件影響無法運轉，且部分民營電廠機組故障，致使實際電力的餘裕（備轉容量率）低至3.44%（約等於100萬瓩），當時若再有機組故障則會立刻缺電，陷入停電的困境。

■因全台持續高溫，加上民營麥寮與和平電廠及台電協和電廠破管停機，致104 年7月2日瞬間尖峰用電量創新高，備轉容量率低至1.9%，亮出紅燈的限電警戒，已瀕臨工業限電的邊緣。

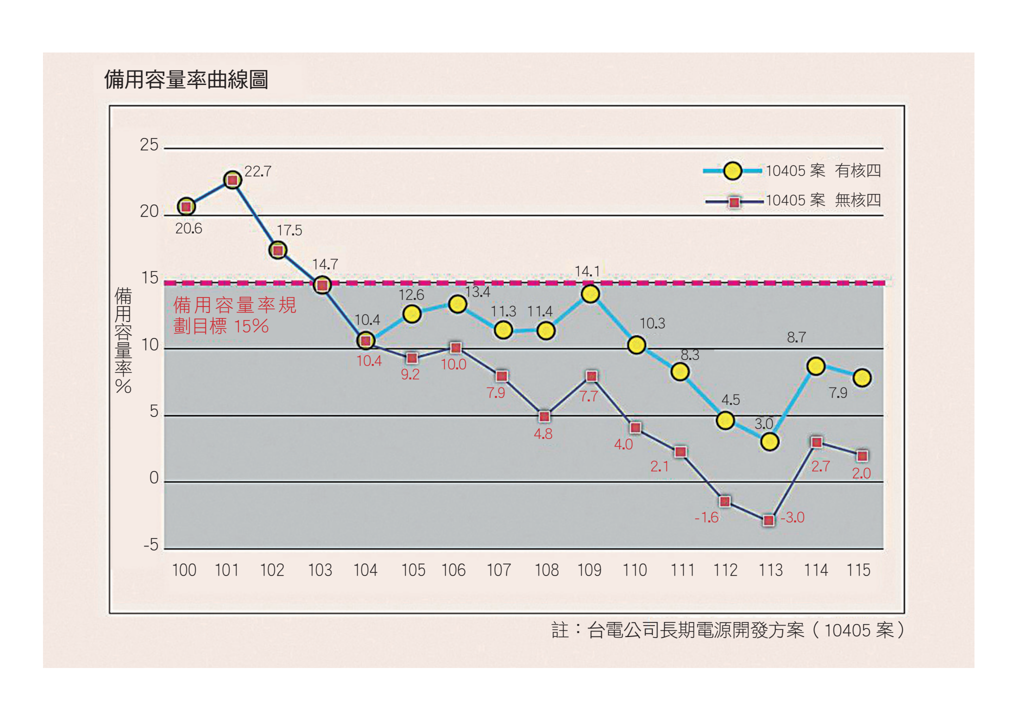
■依照台電的電力負載需求預測（104-115年的10405案），若核四未能商轉，則105年與107年備用容量率為9.2%與7.9%，都低於10%，根據過去經驗統計，缺電風險大增；而108年僅4.8%，就過去經驗，只要低於7.4%時，限電幾乎無可避免。

■即使核四如期商轉（原規劃核四機組於104年12月及107年12月商轉），105年與108年的備用容量率也只有12.6%與11.4%，皆未能達到目標值15%。

5、北部地區缺電風險最大

■台灣電力系統劃分為北、中、南3個區域，北部用電需求最高約占全國40%以上。

■如果核四廠未能如期商轉，再加上103年起位在北部的林口電廠、協和電廠、核一廠及核二廠陸續除役，雖有新增發電機



組，仍無法補足電力缺口，預估北部電源供電不足的情況將持續惡化。

■未來因為整體電源也不足，即使透過輸電線將中南部電力北送支援，依然無法補足北部的電力缺口，使北部區域的停限電機率大增。

Q：什麼是備用容量率？什麼是備轉容量率？

A：備用容量率與備轉容量率都是評估供電餘裕的參考指標，說明如下：

■備用容量率：

為了滿足夏季尖峰的用電需求，必須有足夠的供電餘裕，以因應機組故障、檢修或其他天候及環保限制時無法運轉的情形。因此，台電公司訂有備用容量作為長期電源開發規劃的依據，1年只有1個數值，並以15%作為合理規劃值（即供給比需求應多出15%）。如要瞭解未來幾年、中長期的電夠不夠用，需參考每年備用容量率變化的情形--低於15%有缺電風險、低於10%缺電風險大增、低於7.4%則必然發生限停電。

■備轉容量率：

為了掌握每天供電情形，會依照每日實際可調度的發電容量，計算出當日最吃緊的供電餘裕，並訂定6%為警戒值。如果要瞭解今年、下個月、下周或明後天、短期的電夠不夠用，則要參考每日備轉容量率的變化--高於10%供電安全、6%-10%供電吃緊、低於6%供電警戒。

以籃球隊來作比喻，A球隊當年度共有簽約球員10人，實際上場比賽的球員有5人，其他未上場的5位板凳球員，即為備用容量，而未上場的5人與實際上場的5人相當，所以備用容量率為100%（5÷5=100%）；但是某日比賽時，2人受傷，A球隊能上場比賽的球員只有8人，扣除實際在場上比賽的5人，剩下的3人即為當天的備轉容量，備轉容量率為60%（3÷5=60%）。

多元能源永續台灣之——台灣發電方式總體檢

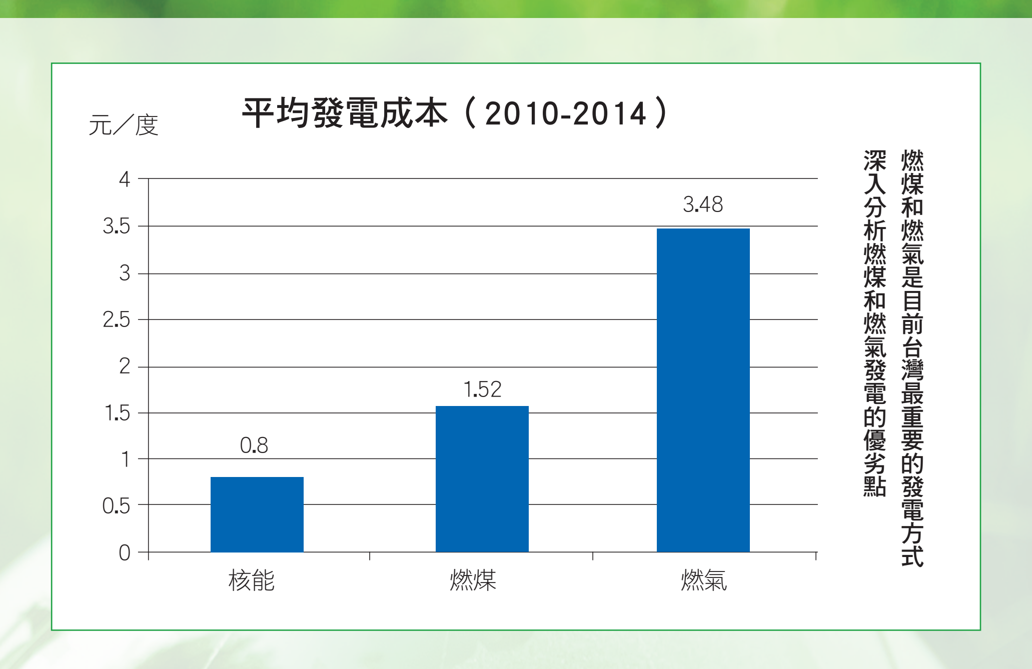
文・編輯室

由台電以及先驅媒體共同主辦的「多元能源永續台灣」論壇系列——「台灣發電方式總體檢」，由資深媒體人王克敬主持，邀請成功大學資源工程系吳榮華教授、吉興工程顧問公司陳立誠董事長、永旺能源公司蘇元良執行長以及台電綜合研究所徐真明所長共同與會，剖析和檢討台灣當前發電方式的利弊得失。

徐真明所長表示，目前台灣主要的發電能源有三，第一是燃煤，發電量占比約37.6%，其次是燃氣32.3%，核能則是18.6%，至於其他的能源占比則是相對較小。徐真明指出，目前屬於台電系統的燃煤電廠，由北往南分別有林口、台中、興達以及大林電廠，其中台中火力電廠是全台灣最大的火力發電



▲ 與談來賓左二起：成功大學資源工程系吳榮華教授、吉興工程顧問公司陳立誠董事長、永旺能源公司蘇元良執行長以及台電綜合研究所徐真明所長



燃煤和燃氣是目前台灣最重要的發電方式

深入分析燃煤和燃氣發電的優劣點

廠，而林口以及大林目前都在進行汰舊換新中。至於民營電廠的部分，則有麥寮以及台泥的和平電廠。

穩定、便宜的能源面臨衝擊

吳榮華教授分析，燃煤相對於其他能源而言，優勢在於單位發電成本較低，只略高於核能。此外，燃煤也是穩定供應的能源，對於缺乏聯外電網，屬於獨立系統的台灣而言，燃煤的穩定供應性更顯得重要。而燃煤最常為人詬病的問題是對環境的汙染，特別又是排碳量較高的能源，目前除了民眾反對設置電廠外，世界上對於二氧化碳排放議題亦極為關注。

陳立誠董事長補充，台灣90%以上是核能、燃煤以及燃氣，若以一年的成本來計算，從2010至2014年的資料來看，核能每度電8毛錢，燃煤1.5元，燃氣3.5元，基本上是1比2比4。若以台灣目前的發電量超過2,000億度電，1元的差別就是2,000億元，幾乎已經等同於2008年政府發放消費券預算的2倍，而再生能源每度電成本更高達5、6元，若以再生能源來取代核能，價錢的差距將會更加明顯。其次，台灣目前基載電力來源是核能與燃煤，但是這兩種穩定供應又便宜的能源卻不斷受到輿論衝擊；陳立誠毫不諱言地指出，這是台灣目前面臨最大的問題。

台灣的燃氣發電，由北往南分別有北部最大的，也是台電效率最好的大潭電廠6部機，中部正要啟動汰舊換新的通霄、南部的興達、南部火力發電廠以及

大林發電廠，都是燃氣的機組。陳立誠表示，除了台中是世界最大的燃煤電廠外，大潭也是世界最大的燃氣電廠。台中之所以會成為世界最大的電廠，是因為台灣的電廠用地取得不易，所以台中電廠才會10部機同時蓋在一起，而成為世界最大的電廠。

陳立誠表示，過去10年內，台灣沒有任何新的核能以及燃煤電廠，以致於應該做為尖載或中載以上的燃氣，目前在台灣的裝置容量上，竟然等同於核能加上燃煤。他指出，燃氣的缺點就是成本較高，但是台灣不斷加蓋昂貴的電廠，而不要穩定便宜的基載電廠。台灣目前的策略是以燃氣取代燃煤的方式減碳，但以數字來看，燃煤以及燃氣每度電碳排相差為0.5公斤，而成本相差3元，也就是每減少一噸碳的成本便接近200美元，與歐洲碳權市場每度電的10美元，相差非常大。陳立誠強調，台灣用這種昂貴的方法來減碳是有問題的。

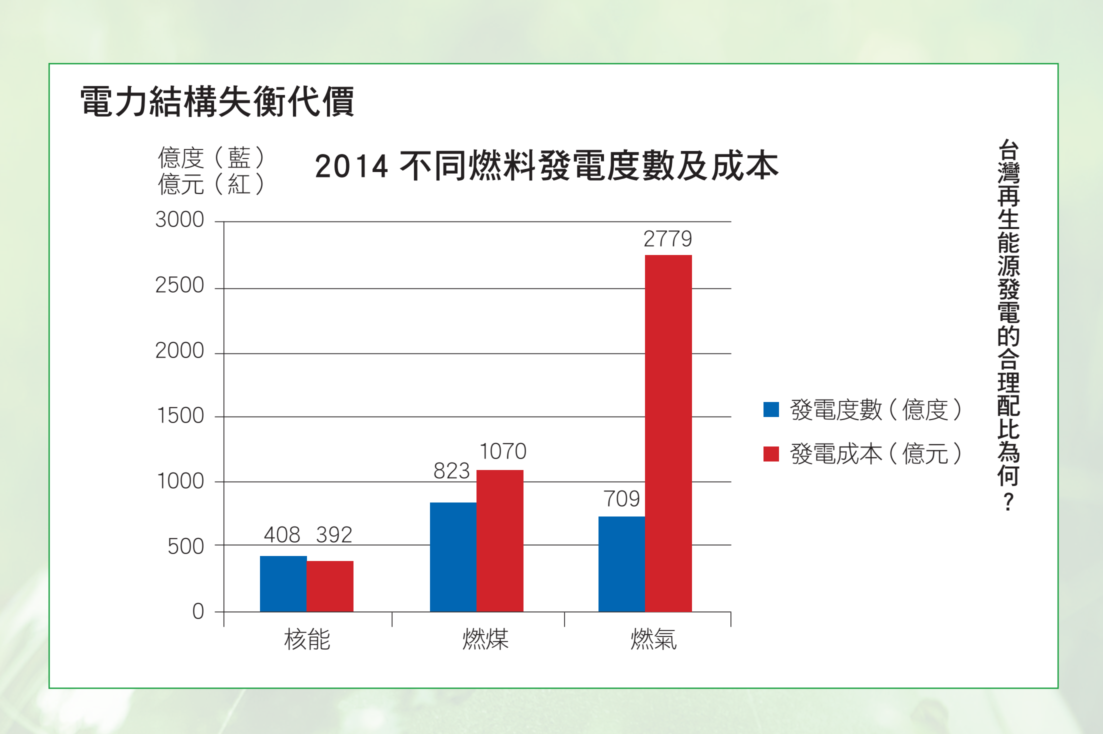
對於火力發電在台灣發電占比是否有過高的問題，徐真明表示，就規劃電力系統而言有3項考量的重點。首先，考慮到電力是民生必需品，穩定供應必然是排在第一位，再來是清潔環保，最後才是用戶負擔的問題。若從穩定供應來看，燃氣的來源雖然不成問題，但是必須先在國外液化後，再用運氣船運送到港口才可卸下，因此在運輸以及儲存方面，一直都是燃氣的罩門。特別是台灣的用電高峰在夏季，適逢颱風盛行的季節，天候的因素更使得天然氣的運輸以及靠卸非常困難，甚至會造成斷氣的問題。在這種情形下，台電被迫使用燃油的方式發電，不僅成本比燃氣高，汙染也較為嚴重。徐真明表示，台灣燃氣的比重過高，確實是一個問題。

火力發電占比高，如何減碳？

根據2012年歐洲商會提出的報告顯示，電力部門是台灣最大碳排放的來源，而且占溫室氣體排放的6成，面對如此問題，台灣該如何從占比較高的火力發電來減碳？陳立誠表示，以全球排碳量最高的台中電廠而言，其實是因為有10部機放在一起，若將其分半來看，排名絕對在1,000名之後。台中機組的效率可以達到40%，比起世界其他機組，其實表現非常良好。若要思考減碳的問題，則必須通盤考量，正因為台灣的能源選項非常有限，考量無碳的再生能源與核能發電都有其極限，在扣除這兩種發電方式之後，剩下的不足勢必就得依靠火力發電。

蘇元良執行長表示，太陽能雖然可以刺激產業的效能，但是有日照時間的限制。他強調太陽能是一個輔助性能源，只能透過提升比重達到減碳的目標，絕對不可能取代其他能源，而讓碳排從此降為零。

吳榮華教授表示，台灣在提升技



術減少排碳量方面的確有待加強，電廠的效率會隨著時間而減弱，因此讓新技術進入發電市場確實很重要。此外，應該從需求面來節能減碳，這就會牽連到電價的問題。他舉例，民眾在購買節能家電的時候，同時也會在省下的電費與商品的成本之間衡量，但是因為台灣的電價偏低，以致民眾認為購買節能的家電並不划算，進而無法從需求面進行節能，因此，能源價格合理化就顯得非常重要。

徐真明表示，如果用電需求能夠減少，自然而然便可降低使用高碳排的火力發電，再配合提升無碳能源的使用，從而達到減碳的目標。至於供給面，便是一個選擇的問題，除了可以選擇提升無碳能源的比重外，還可以透過提升機組效率的方式，也就是BAT。如果這些方法仍不足，不得已便得考慮成本昂貴的碳捕捉及封存技術，這勢必也會墊高成本。徐真明強調，若要穩定又乾淨的能源，在價格上就必須有所犧牲，這樣也可以得到減碳的效果。

核電和太陽光電價格有迷思？

至於核電的優缺點，蘇元良指出，核電最大的問題是在於安全，以他製造業出身的角度來看，一個材料只要有千分之3的危險存在，就不應該使用，他認為，今天核能的風險因素就是千分之3。

相較於各國而言，台灣核能的價格其實是偏低的，目前的價格還是扣除核後端費用後的價錢，若加計，核四的成本每度電將近2元。

大家都認為太陽能的成本過高，蘇元良表示，其實太陽能與科技、製造業息息相關，以實際數據來看，台灣平均發電成本其實只要2.7元，在菲律賓或美國等地，其實更便宜，許多地方早已達成市電同價。他強調，未來隨著效能的提升，太陽能的價格一定還會持續下降，價格絕對不會是問題。

吳榮華表示，台灣是一個孤立的供電系統，穩定供應絕對是首要考量的問題，以台灣基本電力配置而言，核能與燃煤都屬於基載，是電力穩定供應的來源。核能的容量因數可以達到90%，意即在建成的100單位中，可以有90單位穩定運作。其次，就是成本較貴的天然氣做為中載，最後是成本更高的燃油做為尖載。吳榮華指出，2014年台灣核電發電量大概是420億度，若民眾選擇要捨棄它，勢必得仔細思考如何補足這420億度穩定供應的電力。

陳立誠指出，除了核能可達90%外，燃煤可以達到85%，燃氣也高達50%-60%。他表示，其實燃氣在30%便已經足夠，而且這些能源是可調度的，反之，不能調度的再生能源，受限於外在天氣的影響，在每年8,760小時內，風力發電的時間只有2,000多小時，夏天最需要時卻沒風，而太陽能更只有1,000多小時，全台平均一天只有3小時，只占10%。所以在計算再生能源的發電容量時，必須打相當的折扣，與核能的90%相較之下，更明顯有所差距。

核電的安全因素

陳立誠表示，台灣的地震東西強，南北弱，這也是為什麼核電廠都建於南北，主要就是為了避開東西較為嚴重的地震帶；此外，若再仔細分析，造成日本福島核災的311地震與台灣最嚴重的921地震比較，兩者的能量相差100倍，台灣的地震其實不會造成像日本一樣的災害。

對此，蘇元良表示核能危機不一定都與地震有關，譬如車諾比核災便與地震無關，而是在管理各方面技術出現失控的情況。陳立誠則補充說到，車諾比電廠在設計上與台灣不同，它不僅僅是用來發電，還有製造原子彈的用途，隨時在抽燃料棒裡的鈽，因而缺乏反應爐包封容器的設置。在這種情形下，台灣絕對不可能發生類似車諾比核災的狀況。至於三哩島雖然有輻射外洩的情況發生，但是對於周遭居民的影響也僅有接收到X光照射輻射量的1/10而已。

蘇元良回應，以他過去學術上做分析的角度來看，車諾比、三哩島等事件儘管都只是單一個案，但是其實還有許多原因可能是人為無法控制的，民眾更

不該輕忽千分之三的比率，因為一旦發生問題，所造成的影響就極為嚴重。

針對核能的討論，徐真明也指出，在日本311地震中，距離震央最近的女川電廠事實上毫髮無損，反而是距離震央較遠的福島電廠出現問題；而它之所以發生問題，其實是在設計上有缺失，加上使用年限快到，才會導致災害的發生。至於核能成本的部分，徐真明表示，核一、核二、核三的會計成本經過折舊後，一定與新建的核四有差異，兩者不能完全比較，因為價格一定會隨時間的因素而有不同的結果。

台灣各式再生能源的發展及限制

徐真明指出，以目前台電系統來看，最主要的再生能源就是水力發電，是從接收日據時代就擁有的技術，而風力和太陽能發電也不斷高速成長。不過，即便水力發電也仍需要建立電廠，但是想要在上游進行開發是一大問題，所以目前水力發電的成長非常緩慢，而台電也幾乎都是依靠汰舊換新來提高發電效率。

台灣的水力發電在先天上便有限制，除降雨季節過於集中外，地形陡峭也造成面積過小，儲水不易的問題，這些原因都影響台灣水力發電的發展。是否能將水力發電變更為抽蓄發電？徐真明指出，變更設計不是問題，但因為抽蓄的方式是利用其他能源發的電，將水往上抽再流下發電，本質上就與再生能源完全不同。

至於台灣發展太陽能可能擁有的優勢與劣勢，蘇元良表示，在價錢部分，台灣普遍的錯誤印象都認為核能每度電只要8毛錢，而再生能源卻要高達5、6元，這個資訊是不正確的。他指出，太陽能的技術每年都以7%-8%在進展，只要未來持續發展下去，成本一定會下降。至於提到太陽能在台灣發展的策略，蘇元良表示，台灣的政策常常是抄襲國外，例如百萬屋頂這項政策，便是仿照歐美國家所訂定出來的目標，但是在實際執行上因國情的不同，根本很難達成。但他認為，這正好是台灣的一個契機，他建議，台灣有將近15萬公頃的休耕地，可採分散及漸進式運用；太陽能產業應該與農業結合，不但可以提升太陽能的發展，更可以帶動農業整體的產值以及創造更多的就業人口。

對於蘇元良的建議，吳榮華表示，這個構想很早便有人提出，現在已經有雛型的計畫就是黃金廊道。百萬屋頂和千架風機是展現發展再生能源的企圖心。以實務面看，政府在2009年通過再生能源發展條例之後，經過幾年推動，由屋頂型漸進到地面型，尤其高雄和台南市相當積極，目前太陽光電的裝置容量約60萬瓩，已經成長幾十倍，在世界上已屬少見；至於風力發電的部分，目前陸上已經有300架風機，大約60萬

瓩，2014年發電量15億度。但是發展風力發電因為面臨新的環保議題，遭遇到不少的困難。他強調發展再生能源已是政府的既定政策，但相對成本比較貴，在太陽光電長期的發展上，不要花了很多錢買到很舊的技術，必須要考量到長期的現金流量，還得面臨中間差價的問題，雖然目前差價是由發電單位負責，但是他認為，相關利害關係人都應該要共同面對並且一起承擔。

至於未來再生能源的商機，以及台灣是否有足夠的人才與技術，或是管道進入這項前景良好的市場，蘇元良表示，目前世界上很多太陽光電的標案都要求能夠儲電，因此電池、記憶體的技術將是未來最重要的，這項技術也將成為台灣未來一個重要的契機。同時，台灣的發展策略不該從頭做起，應直接引進這項技術，將其商品化，讓這項產業能夠留下來。此外，政府在補助政策上也應調整，才能吸引更多人才投入這項技術，以太陽能的服務業來扶持另一個製造產業，其產值將會無可限量。

對此，陳立誠質疑將15萬公頃的休耕地發展太陽能，在現在儲電技術不成熟而又昂貴的情況下，如何處理過多的發電量？蘇元良回應，不必將全部土地都投入使用便沒有這個問題；將景觀



的因素、距離台電饋線的遠近納入考量後，仍可產生足夠的發電量。他強調現在的儲電成本每年都在下降，科技的發展也超乎想像的快，台灣一定要有信心走在前面，不要落在別人後面。

陳立誠表示，回歸實際面還是得思考台灣再生能源的極限在哪裡。2015年的用電總量已是2,000億度電，若以民進黨能源政策的數據來計算，2025再生能源的發電量屆時到400億度電，扣除之後，剩下的1,600億度電還是得依靠火力及核能；不管未來是否會廢核，預測10年後用電量會增加到2,500-2,600億度，台灣最終都得在燃煤以及燃氣中選擇我們的電力來源，但陳立誠重申，火力並無法取代這個缺口。

蘇元良回應，民進黨所提出的數目的確有所不足，實際上還有非常多可用的地方。在討論再生能源的時候，不可輕忽其所帶動的產值，並且還能創造出一個新的產業。當年台灣的電信公司就是不願意在服務業之外，去看另一個產業的發展，失去發展交換機的先機，現在的台電也面臨這種情況，政府應該用更長遠的眼光來思考，讓儲能產業成為發展再生能源一個最重要的副產品。

徐真明表示，台電做電力規劃最重要的就是要「務實」。電力系統的特性在於時時刻刻都要平衡，即電力的產出和使用不能超過，也不能不足，因此在目前缺乏儲電技術的情況下，蓋電廠



所需的時間至少5-10年，台電要做電力規劃或投資，必然得更加切實謹慎，盡量避免任何不確定性和風險。他強調，台灣在能源拮据的狀況下，可以有企圖心，但必須務實。

陳立誠補充，以數據來看，核能發電400億度，其成本只要392億；燃煤發電800億度，成本1,000億；燃氣發電700億度，成本卻高達2,000億，能源的差價非常明顯。他以日本為例，指出日本在短暫廢核後，被昂貴的天然氣成本嚇



▲ 日本計畫新建 7 座大型燃煤電廠，5 座位於東京附近，2 座位於福島

到，每年花4兆日圓購買天然氣，因此改為推動大型燃煤電廠，在東京蓋5座、在福島蓋2座，都是100萬瓩，相當於一座核電廠，總共近700萬瓩，相當於台灣目前的70%。日本為什麼不是大力興建再生能源設備？因為日本人務實！不論如何，燃氣與核能對台灣太重要了。對此，蘇元良還是強調台灣對於科技的發展要有信心，如果不敢把未來的技術列入規劃中，還是用舊的技術規劃，這是非常可惜的一件事。

至於如何在追求未來科技發展的同時兼顧現在的穩定安全，吳榮華表示，如同蘇元良所提及的觀念，在發展再生能源上確實不只是電力問題，同時也是下一代產業的議題，每個人都應該仔細思考。至於如何在再生能源與核能間取捨，這就是選擇的問題，儘管兩者各有優缺點，但是在穩定供應、環保以及電價方面，都應該納入考量。他也特別指出，尤其在價格的部分，既然要積極發展再生能源，勢必也得正視價格的問題，而不是迴避。

台灣理想的發電組合與配比，專家各有一把尺

吳榮華表示，目前的發電配比是經

過長時間的磨合而成，有其穩定性，若要大幅度的更動，譬如提高再生能源比例，勢必得面臨成本上升的衝擊。儘管民眾對於能源有許多討論，但很多人未必清楚「1度電」到底代表什麼意思，與價錢連結在一起後，又代表什麼意涵。吳榮華強調，只有先釐清「1度電」的意義，再討論更大規模的電力政策時，才真正有意義。

陳立誠則表示，務實來看台灣的用電量絕對會持續成長，因此，他希望再生能源能有15%，至於核能則是讓核一、核二、核三延役，核四啟封，占比20%，剩下的65%仍得依靠火力發電，其中燃煤占45%、燃氣占20%。不過，在減碳方面，或許可以透過買碳權的方式解決，未來可以依靠碳捕捉與封存的方式來解決這個問題。

蘇元良仍希望未來不要有核能，而是讓再生能源的占比提升至接近50%，考慮到穩定性的因素，火力則是維持40%-50%。他表示，發展太陽能不但能夠帶動未來的產業，還有賣碳權抵買碳權的優點。他強調，德國再生能源的比例目前也將近40%，達到這個目標不是不可能。

最後，徐真明表示，對電力供應最有共識的部分就是考量穩定可靠、清潔環保以及價格能夠負擔，不過到底哪一項要優先考量，這就牽涉到價值判斷的問題，而每一個用戶、每一個人可能都有不同的判斷標準。他認為，比較其他國家的例子，特別是與台灣在各方面條件都相近的韓國，可以做為台灣發展的借鏡。他呼籲，特別是基載電力的部分，尤其是核能，韓國更是比我們多得多；台灣可以不要再新建電廠，但是否該讓已經蓋成的電廠儘快投入運轉，這都是我們可以從其他國家的做法思考學習的地方。

大型儲電系統
電力電網核心

文・呂錫民

今（2015）年8月底台灣高科技產業龍頭——台積電傳出將自蓋電廠，以因應國內未來缺電危機，此語一出無異在政經界投下一枚震撼彈。的確，像台積電如此高科技產業，不可一秒鐘斷電，甚至一眨眼也不行，否則整個製程上未完成的晶片全將泡湯，一下損失數十億元絕非唬人之言。台積電此一憂慮，理論上沒有錯，但就台灣高科技產業的能源需求而言，除了要供電無虞之外，電力品質的保證更是重要，這個時候大型儲電系統就可派上用場，就像一般電腦的不斷電系統一般，既使地震等天然災害造成電網斷電，也不會影響到類似台積電晶圓製程的持續運轉。

我們知道一個國家白天用電量大，而晚上或假日則用電量少，如果僅考慮尖峰用電，而大肆興建電廠，這可能造成國家能源政策上的一項盲點，高效率電網管理是電網電力管理上不可或缺的方案，這也是作者所提出的大型儲電系統是未來能源結構的關鍵核心所在。大型儲電系統的效益在於減少尖峰發電，降低電力公司發電成本，系統擁有者可



將離峰電力在尖峰時刻賣回給電力公司；另一方面，在離峰時刻，電力公司可將多餘電力用於系統充電，避免浪費，隨時保持電網供需平衡。如果大型儲電系統的電力來自無汙染的再生能源，則更可達到幾乎零溫室氣體排放的目標。

台灣目前唯一大型儲能系統為明潭抽蓄水力電廠，利用晚上離峰時刻抽水至上游水庫，然後白天尖峰時刻再放水至下游發電，充分發揮電力電網尖峰與離峰管理功能，只可惜台灣再也找不到如此優良的抽蓄水力發電場所，因此

開發大型儲電系統是一項可行的替代方案。

能源安全和氣候變遷已成為全球矚目焦點，各國能源政策也無不專注於低碳能源的開發與使用，台灣傳統自產能源缺乏，卻擁有豐富的再生能源，例如風力、太陽能、地熱、海洋能等等，但是由於再生能源能量密度低且供應不穩定，其發出的電力無法直接饋入電網，尤其是台灣海峽離岸風能蘊藏驚人，也是全球公認的最佳風電場，如果大量開發，並配合大型儲電系統的統籌儲存與配送，相信有機會讓台灣成為能源完全自主的綠色家園。

在10年前，我們無法想像行動電話會成為今日人手一支的生活必備品，時至今日功能齊備的智慧型手機之所以會如此盛行，其中的儲電裝置-鋰電池-可說是居功厥偉。現在鋰電池甚至已擴大應用到電動車輛上，科學家預言電動車將成為21世紀人類的代步工具，主要原因就是儲電科技的日新月異，尤其是劃時代石墨烯儲電材料的應用，更讓電動車電池可在瞬間大量充放電。未來如果電動車普及使用，則所有電動車電池無形中將成為一座大型儲電系統，因為善用離峰來充電，可降低離峰和尖峰負載差距，可讓電網作更有效率的運用。

除了上述電動車鋰電池儲電構想之外，實際上各先進國家已有若干成功案例，可供國內電力主管部門未來興建大型儲電系統的參考。首先是巴特爾紀念研究所委託Ener Del公司於2012年6月完成的5MW/1.25MWh鋰離子電池高可靠性區域/微電網。其次是2013年3月堪薩斯城電力和照明有限公司成功開發的1MW/1MWh（13.2kV）高級鋰聚合物電池存電併網系統。以及2013年11月完成的Sustain X 1.5MW/1MWh非併網地面等溫壓縮空氣儲能（CAES）試驗系統。最後為2014年1月Amber Kinetics的20kW飛輪應用在SDG存儲80kWh的能量需求管理試點系統。這些案例在在證明大型儲電系統已經在全球各地如火如荼展開，我國產官學研應該努力合作相關計畫，提早因應未來電力能源需求的增加。

大型儲電系統可有效管理電網電力調配，不僅讓產業界不再有缺電之虞，對於需要大量開發再生能源電力的台灣更是一項不可或缺的技術。另外尖峰用電獲得舒緩，亦可解決電廠不必要擴建弊端，開發大型儲電系統可說是一項最佳能源政策選項；因為其充分滿足能源政策的五大基本要素：安全、科技、環境、政治、經濟，是國家未來能源結構中一項關鍵核心所在。

（本文作者為退休能源研究員）

龍門核電廠建廠管制報導

文 • 編輯室

今（2015）年9月17日原能會函覆台電公司龍門核電廠1號機圍阻體施工報告「RCCV Construction Report of the Safety Related Structures Classification of Unit 1」的審查意見。由於報告未檢附台電公司相關權責單位與人員、核能監查員審查核准該報告的相關正式文件與紀錄，不符合核四工程品質保證方案要求，因此要求台電公司補正後再重新提送。

9月22日原能會函覆台電公司龍門核電廠核管案件編號 LM-JLD-10103（Rev.9）彙總表的審查意見。由於台電公司在海嘯的災害情境分析中，有未考量相關變壓器設備在戶外直接承受海嘯侵襲時的狀況，因此要求台電公司再提澄清說明。至於台電公司申請井下地震儀設置完成時程展延至1號機商轉前的部分，原能會並未同意，仍要求台電公司須於1號機燃料裝填前完成。

10月2日原能會函送視察備忘錄編號LM-會核-103-23-4予台電公司。本案因視察發現中六倉庫目前為龍門電廠及龍門施工處二單位共用，但內部並未有效隔離，會造成門禁管理的漏洞，因此要求檢討建立有效、務實可行的門禁管理作法。經審查台電公司提出的龍門電廠與龍門施工處共用倉庫的門禁管理改善措施，可符合門禁獨立、分別管理的原則，因此同意備查。

10月5日原能會函送視察備忘錄LM-會核-104-012-0予台電公司。本案因駐廠視察員發現，龍門施工處已將2號機部分設備移交或委託龍門電廠辦理相關維護作業，但相關移交管制機制、維護作業依據與權責並不明確或尚未建立，因此請龍門施工處與電廠提供2號機已移交與未移交項目的清單，包括委請電廠維護的系統/設備/組件；此外，還須澄清其移交程序與機制，以及對於此類設備/組件的維護管制機制。此外亦要求對於已移交或委由電廠維護的設備/組件增加明確的標示，以利人員識別。

日本參議員率團來台
進行核能技術交流

文・編輯室

日本瀧波宏文、太田房江、阿達雅志3位參議員於2015年10月6日率代表團來台參加「第一屆台日原子力技術懇談會」，主辦單位中華民國核能學會亦邀請長期關心我國能源政策的孫國華前立法委員與會，以同為國會民意代表的身份對話，堪稱是台日核能界難得一見的重量級研討會。

代表團中另有日本保全學會宮健三理事長、北海道大學奈良林直教授、九州大學綜合理工學研究院清水昭比古教授、日本原子力國民會議田中志邦執行長、東京工業大學反應爐工學研究所澤田哲生助理教授、高瀨健太郎研究員等專家；而台灣方面則邀請到中華經濟研究院梁啟源董事長、清華大學李敏教授、淡江大學王居卿教授、世新大學郭迺鋒教授，以及台電公司核能發電處簡福添處長、核能後端營運處黃添煌副處長發表台灣能源方面的報告。

參議員瀧波宏文以團長身份致詞時，特別強調自己是台灣女婿，對台灣的現況非常關心；日本以為台灣已經完全不使用核能，其實這是錯誤的。瀧波來自號稱「日本原子力銀座」的福井縣，是日本使用核能的大縣，所以對日本核能現況瞭若指掌。今年夏天，日本政府公布最佳能源配比，到2030年時，核電將占20-22%；川內核電廠1號機已經順利重新啟動發電，2號機也於10月14日重啟，這些好消息希望能為台灣的核電帶來新希望。



▲ 日本參議員瀧波宏文



▲ 日本參議員太田房江



▲ 日本參議員阿達雅志

瀧波宏文：執政黨要提出經得起百年檢驗的能源政策

瀧波議員發表「日本政府的能源政策」時，提到日本是個無產資源的國家，以經濟立國，又是京都議定書的發起國，自我期許是個擁有先進環境保護意識的國家。但是福島事故之後，所有核電機組停機，替代核能的燃料成本約增加3.4兆日圓；僅僅2014年貿易赤字就高達12.8兆日圓，龐大的財富流向國外；用電量更是節節增高，受到限制的家庭用電量仍增加25%，未受限制的工業用電更暴增達40%。

此外，停核之後對化石燃料的依賴程度增加至90%，石油危機時也不過76%而以；隨之而來的，對中東地區的依賴程度也隨之增加到84%，對日本的外交與國家安全而言，是非常危險的。由此而生的就是二氧化碳排放量增加11億噸，約等於日本全國總碳排量的10%，是非常驚人的數字。

有鑑於此，日本政府擬定最新能源政策時，考量能源自給率、電力成本與溫室氣體減排等安全因素，決定重新啟動通過安全審核的核電機組；同時也訂定2030年的電力組成，分別是：再生能源22-24%、核能22-20%、天然氣27%、煤26%、石油3%的最佳配比。

瀧波議員最後特別強調，自民黨身為執政黨，應提出務實、負責、可行的能源政策，而非討好民眾，說民眾喜歡聽的論調，百年過後要能經得起檢驗，對得起國家、人民，而不是只著眼於政黨之間利益的攻防。能源政策是國家的根本，若不務實，將使競爭對手漁翁得利，瀧波議員呼

籲台灣的政黨應以日本停核的經驗為鑑，以國家安全、民生經濟為重。

太田房江議員發表「日本核電機組再啟動的現況」

福島事件讓日本民眾對核電安全神話幻滅，核能界開始追求全世界最高、最嚴格的安全標準，以此標準審查提出申請再啟動的核能機組。核電廠設立所在地的地方政府與民眾才能消除恐懼和疑慮，接受核電機組重新啟動的申請。

有關核能安全管制機構也進行組織重整改造，福島事故發生前，由經濟產業省的原子力安全保安院與原子力安全委員會共同監督；事故發生後，改組為原子力規制委員會，內設原子力規制廳統一進行監督管制作業。

但是對於原子力規制委員會成立2年多才通過一座核電機組重新啟動，遭到日本民眾批評「進度太慢」。根據太田議員的瞭解，有的機組申請重啟的書面資料就多達10萬頁，需要以卡車運送至原子力規制委員會，因此審查作業曠日廢時。

現在有2座核電機組重新啟動，備轉容量得以從3%提昇至7%，今年夏天才沒有停電、限電的安然度過，因此有許多民眾以為沒有核電無所謂，但是政府仍應負起責任。太田議員曾在經濟產業省任職25年，致力於推動核電；發生福島核災時，她曾深自反省是否做錯了？成為參議員之後，對於安倍首相的經濟學，也抱持戒慎恐懼的謹慎態度。

目前日本正推動電業自由化，政府預計2020年停止收購電力，並在能源配比上做最適切的調整。像太陽能以電線傳輸電力，九州地區就曾發生爆量、超過電網負荷的情形，就是因為採取固定電價收購造成，未來將以政策強制主導，確保電力調配的安全性。

阿達雅志議員發表「日本放射性廢棄物最終處置場的最新動向」

日本高放射性廢棄物最終處置場址的選擇，以往是等待地方政府主動申請志願成為場址，但是成效有限；日本新的基本政策增加了經由科學調查發現有潛力的地區，政府將主動列為候選場址。這個新的進程，展現出日本政府持續的努力，希望站在國際前端的態度。

在各調查階段時，聽取地方政府的意見，在不會反對的情況下，才進入下一階段，充分尊重地方政府的自治權。最終處置場址選擇過程的規定：

1.文獻調查：由政府提出經過科學驗證有潛力的區域、舉辦溝通說明活動、接受地方政府的申請

2.概略調查：進行地質鑽探調查

3.精密調查：建造地下實驗室、進行地質試驗

上述1-3階段約需20年，確定適合場址之後，即可開工興建，完工後運入放射性廢棄物。綜觀世界其他使用核能的先進國家，多已進行高放最終處置場址計畫的地下實驗，與瑞典、芬蘭相較起來，日本不能落後太多。

令人印象深刻的是，3位日本參議員所發表的內容都相當專業，論述有深度，觀察的角度也有國際觀，顯見他們對能源



▲「第一屆台日原子力技術懇談會」重量級貴賓齊聚一堂

議題有長期的投入與耕耘；希望日本參議員認真負責的從政態度，對我國的政治人物與民意代表能有所啟發。

日方其他專家學者報告的內容分別是：奈良林直教授發表「日本核能管制規範的檢討」、田中志邦執行董事發表「日本核燃料循環的現況」、宮健三理事長、清水昭比古教授、澤田哲生先生共同發表「日本核能國民會議之活動」、宮健三理事長與高瀨健太郎研究員共同發表「Big Data的活用及國際走向」。

台方則有：梁啟源董事長發表「台灣的能源政策」、簡福添處長發表「台電公司核能機組現況」、李敏教授發表「日本福島事故的經驗與啟示」、黃添煌副處長發表「台電核能後端營運」、王居卿教授發表「台灣大專生對核能的態度及最適溝通模式之探討」、郭迺鋒教授發表「大數據應用」等，共計13篇報告，成果相當豐碩。

日本政府：2030 年核能 + 再生能源＝ 44%

文‧編輯室

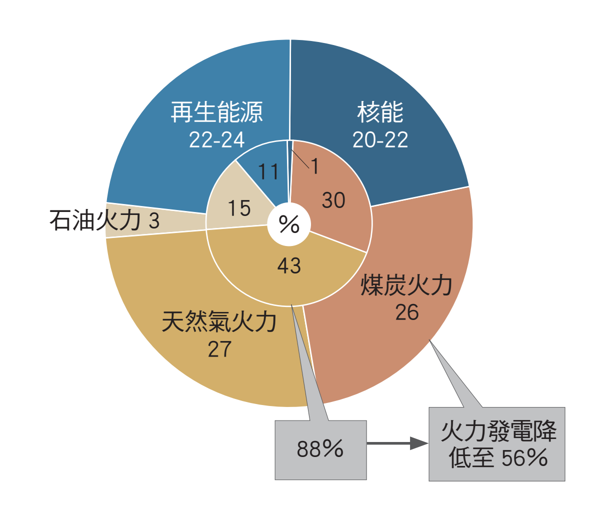
日本經濟產業省的資源能源廳（Agency for Natural Resources and Energy, ANRE）11月18日告知各電力公司，2030年4月起核能與再生能源（包括水力）的電力供應必須達到44%以上。ANRE補充說，這份指令是特別針對那些努力程度不足的電力公司所提出。

日本政府的「能源策略計畫」，是盡全力徹底的節能、引進最大量的再生能源、訂定總發電的能源組合——到2030年時，56%的熱功率（包括液化天然氣27%，煤26%，石油3%）、20%-22%的核能與22%-24%的再生能源。政府也將制定一個法律框架，來協助這項計畫得以實現。

經產省所屬綜合資源能源諮詢委員會，為了將於2016年4月開放的電力自由化法案，提出了能改善其系統設計的電力基本政策，但在此之前，日本政府的能源策略計畫已擬定完成。涉及「最佳能源供應結構設定」的相關法規都將再進行審查，以促進更多化石燃料能源的使用。

剛進入電力市場的幾個電力生產商和供應商（PPS）均過度依賴火力發電，以至於無法單獨達成目標，日本政府將讓他們計算若與其他公司合併的百分比。

目前使用的標準是在2010會計年度（2010年4月-2011年3月）時通過的，也就是2011年3月11日東北大地震之前；當時的日本政府以為核電的比例將會增加。政府還曾要求電力公司設定2020年能源結構時，核能與再生能源合計比例至少要有50%。



日本 2030 年度能源構成設想
（內圈為截至 2013 年度的實際情況）

資料來源：2015/11/24，日本原子力產業協會，http://www.jaif.or.jp/en/japanese-government-sets-44-as-minimum-target-for-nuclear-and-renewables/

女性觀點─全球核能婦女會在 IAEA

文‧王亭懿

今（2015）年的全球核能婦女會（WiN Global）於奧地利維也納舉行，主辦單位為WiN IAEA，因國際原子能總署（IAEA）在國際核能領域扮演非常特別且重要的角色，所以參加此次會議的人數高達500人，台灣代表團則有8人，來自世界各地核能界的女性們齊聚一堂，第一次感受到原來女性在這個領域可以是如此的出色及耀眼。

8月24日，我們參加了主辦單位安排的電廠參觀。Zwentendorf核電廠位在奧地利的郊區，距市區約1.5小時車程，是奧地利唯一的一座核電廠，1972年開始興建，於1978年完工，並進行公投。與台灣不同的是電廠周遭的居民反倒非常歡迎核電廠蓋在住家附近，因當地居民認為不僅



▲ 此行台灣代表團8位團員與WiN IAEA會長（右5）Eva Gyane, WiN Global理事長（左5）Se-Moon Park合照

可以增加就業機會，也能為當地帶來更穩定的供電。

Mommy of WiN Global在導覽中與大家分享一件趣事：舉行公投時，當時的總理表示若大家不投yes他就下台，因為大家並不喜愛這位總理，所以很多人因為這句話而改投no，最終以0.6%之差決定不讓電廠運轉（50.3%：49.7%）。

聽住在奧地利8年多的吳聿淇小姐說，奧地利仰賴水力發電及從俄羅斯進口天然氣發電，小小一個4-5坪的房間一個月電費要50歐元（約新台幣1850元）；曾經有一年奧地利被俄羅斯切斷天然氣管線，導致當年電費加倍。台灣沒有夠大的湖、夠長的河、夠高的山，無法供應大量的水力發電，若不用核電，我們承受得起如此高價的電力嗎？我們承受得起供電的不穩嗎？值得深思。

在會期中，許多來自各個國家的女性分享其國家對於核能的政策與趨勢，讓我感到最有興趣的莫過於各個國家核能教育的現況。原來不只是台灣的核工領域正面臨到人力斷層的危機，這個危機也是世界上很多核能使用國所擔憂的；故在會期中也有關於核能教育的議題，分別探討如何吸引新世代的年輕人（甚至是年輕女性）願意投入相關領域。

在同屆的女同學中，我像個異類一樣選擇了核工所進修，也是此屆清大核工所新生中唯二的女學生之一，可見在我國的核工領域中，如何激起年輕女性投入的意願，值得探討。在第一天晚上的歡迎晚宴中，我認識了來自泰國的大學教授，她提到她們學校近兩年開辦了核工的大學部，



▲ Zwentendorf 核電廠空拍圖


▲ Zwentendorf 核電廠的控制室

我便與她分享清華核工系的演變，並說明了我國核能電廠現況，她也為我們的龍門電廠封存感到可惜。

在會期的最後一天，我們參觀了維也納科技大學的研究型反應爐-TRIGA Mark-II Reactor，此反應爐功率為250瓩，冷卻水來源為附近的Danube河流，另一個冷卻水來源為地下水（較低溫）。目前此研究型反應爐不僅讓奧地利當地學核工領域學生進行操作演練及研究外，也開放短期課程給世界各國的核工學子前往參加訓練及研究。讓我不解的是，為何這些課程資訊對於學子如我卻一無所知呢？

帶導覽的教授一再地強調TRIGA反應爐非常鄰近當地居民，但是當地居民並沒有反對，為了印證他所說的，他甚至打開鐵門讓我們看到門外就是一棟又一棟的住戶及小游泳池。每每想到此景象就不禁感嘆，為什麼奧地利的民眾可以這麼理性的看待核能，反觀台灣的民眾呢？是理盲抑或是媒體的煽動造成？

最後，由衷感謝中華民國核能學會願意提供給我這個寶貴的經驗，讓我有機會認識世界各地的核工女強人們，也因為此次的會議及參訪讓我覺得原來選擇核工這條路的女性並不孤單，讓我能更堅定、更勇敢的走這條路，期許自己有一天也能為台灣的核能付出一份心力。

（本文作者為清華大學核子工程研究所碩一學生）



▲ 維也納科技大學的 TRIGA-II 研究用反應爐



▲ 第 23 屆 WiN Global 年會會場

維也納國際中心的核能組織

文・陳怡如、廖瑞鶯

維也納國際中心簡介

2015年全球核能婦女會（WiN Global）年會由WiN IAEA分會主辦，於8月22-28日在奧地利維也納國際中心（Vienna International Centre,VIC）舉行，因此很難得的有機會進入VIC。占地18萬平方米的VIC屬於聯合國，維護和運作費用由入駐VIC的各組織負擔，中心內約有4,500間辦公室，容納來自約100個國家的3,600名國際公務員。

聯合國在全球有3處辦公室：紐約、維也納、耐若比（肯亞）。應奧地利政府的邀請，國際原子能總署和聯合國工業發展組織分別於1957年和1967年在維也納設立了總部。1966年奧地利政府向聯合國提出在維也納修建一座國際中心供聯合國各組織使用。1967年奧地利政府和維也納市政府聯合決定在多瑙河左岸劃出一片區域作為該中心的用地。VIC由勝出的奧地利設計師Johann Staber設計，1972年開工建設，於1979年8月23日落成。建設費用約6.4億歐元由奧地利政府和維也納市政府共同負擔。奧地利政府以每年1奧地利先令的象徵性租金租給聯合國和核能相關機構，租期99年。

維也納國際中心與核能相關的組織有：國際原子能總署、全面禁止核子測試協定組織籌備會、聯合國原子輻射影響問題科學委員會。

國際原子能總署簡介

國際原子能總署（International Atomic Energy Agency, IAEA）於1957年7月29日由18個創始會員成立的聯合國附屬組織，旨在促進會員國政府間核能科技的和平應用與交流合作，現有會員150多個，中華民國屬創始會員。國際原子能總署的總部設於維也納國際中心，在紐約聯合國總部設有聯絡辦公室，在加拿大多倫多、日本東京及瑞士日內瓦亦設有辦公室。

IAEA由理事會執行總署的各項任務，理事會由35個理事國組成。總部辦公室有：署長室─所轄業務含決策秘書室、對外關係與政策協調室、內部稽查室及法律事務室等；另外還有6個部門：

（一）技術合作處

在拉美、非、歐、亞太約有1,000個以上的技術合作計畫；以國際合作、區域合作、跨區域合作3種合作方式進行，提供131國/地區技術支援。2014年預算達11億3,500萬歐元，合作的領域涵括健康、安全、食物與農業等。

（二）核能處

本處所提供的服務及產品有：建立資

料庫；提供同業審查；提供經驗、新知、最佳作業方式；提供訓練、網路學習；出版標準和指引；出版技術參考文件；研發計畫的聯絡。2015年有125個合作研究計畫，約有1,500個研究機構參與。

（三）核能安全與保安處

本處主要工作有6項：

1.緊急事故的準備及因應—設有緊急事故中心IEC（詳述於後）。

2.核能設施的安全—包括建立安全標準、提供同業審查、諮詢服務、能力的建立（capacity building）。

3.輻射與運輸安全—控制射源、保護病人、保護從業人員、提供有關的訓練、建議。

4.放射性廢棄物管理—防止放射性物質釋放到環境中、輻射防護包括開礦和原料的開採、安全除役、核燃料循環、放射性廢棄物處置及用過核燃料處理等。

5.核子保安—CPPNM2005修正法案的強制執行、執行INSSP計畫、建立並更新「事故與非法交易（incident and trafficking）資料庫」、建立「核子保安支援中心」的能力、核能辯論、電腦及資通安全等。

6.出版安全標準及保安指引—出版刊物可於下列網站查閱：

Safety standards: http://www-ns.iaea.org/standards/

Security series: http://www-ns.iaea.org/security/nuclear security series

（四）核子科學與應用處

本處現有373位人員，研究的領域很廣，位於維也納南方Seibersdorf的實驗室成立於1962年，共有12個不同領域：輻射測定實驗室、輻射生態實驗室、昆蟲害蟲控制實驗室、動物生產及健康實驗室、土壤及水處理以及作物營養實驗室、植物育種及基因實驗室、食物及環境保護實驗室、劑量實驗室、核子光譜儀及應用實驗室、地球環境實驗室、同位素水文學實驗室、核子科學和儀器。另有海洋環境實驗室位於摩納哥。

（五）核子保防處

本處主要業務：和173個會員國簽署全面防護協定（Comprehensive safeguards agreements）；確保會員國的保防工作執行正確、完備；徵召保防視察員—目前有786位視察員、來自95國；配置保防的設備及儀器；審閱及分析保防有關資訊。

本處有保防分析實驗室，現在名稱為核子物料實驗室。2014年的統計：保防視察的設施及地點共1,267個，保防視察次數2,732次。

（六）管理處

本處的工作有：預算及財務、採購、人事、IT、會議和文件服務、總務、保安。

緊急事故中心（IEC）

8月28日上午主辦單位安排參訪IEC，成立於2005年的IEC，隸屬於核能安全與保安處。成立的主要目的有2：

1.提供媒體有關核子事故正確且及時的資訊：

＊透過會員國的官方聯絡處提供核子事故有關資訊。

＊對於提供媒體或社會大眾的資訊應予管理，使之正確且口徑一致。

＊對核子事故的後續可能發展加以分析，並提供預後的判斷。

＊和WHO、NEA等18個組織聯絡有關核子事故所釋放的輻射事項。

2.因應會員國的申請，提供核子事故有關的協助。

目前有27個會員國註冊加入IAEA的「回報與援助聯網 RANET（response and assistance network）」。IAEA將核子事故分成7級，即the International Nuclear and Radiological Event Scale（INES）。IEC設立值班室以回應事故要求，成立10年來曾發生4次必須每天24小時、每週7天有人值班的事故；值班室隔壁則是技術團隊（technical team），有7個人待命，當中有一人專門和事故發生國聯繫。上述4次事故臚列於下：

1. 福島事故時IEC於3月11日至5月3日以「全力因應模式」運作共54天，230人參與事故處理事宜。5月4日至12月21日以「基本因應模式」運作；12月21日以後以「一般因應模式」運作。這是工作負荷最重的一次。
2. 2012年在智利有人輻射曝露過多，IEC在接到請求之後，將該員送到法國去治療。
3. 2013年墨西哥發生射源被偷，IEC在接到請求之後前往協助尋找，在有農作物的田中找到。
4. 2014年在秘魯有人輻射曝露過多，IEC在接到請求之後，聯絡法國派員前去處理。

聯合國原子輻射影響問題科學委員會（UNSCEAR）

UNSCEAR是聯合國大會於1955年決議成立，它的職掌為分析及報告游離輻射曝露的影響，全球各國政府及機構均依賴該委員會的評估結果作為評估輻射風險及建置輻射防護設施的科學基礎。1974年UNSCEAR由紐約搬到維也納。

UNSCEAR目前由27個會員國派委員組成，成立迄今出版了25份報告，如UNSCEAR 2013 Report: "Sources, effects and risks of ionizing radiation."

UNSCEAR的行政秘書人力不多，主要靠會員國和相關國際組織的合作。它評估全球和區域的醫療輻射劑量的趨勢，以及民眾和工作人員的曝露劑量的趨勢，對減少不必要的輻射曝露有顯著貢獻。其研究結果亦分享給IAEA、國際勞工組織、世界衛生組織和國際放射防護委員會（ICRP）。

UNSCEAR曾調查1945年日本原爆倖存者，以了解輻射對健康的影響，並研究輻射對健康影響的機制。

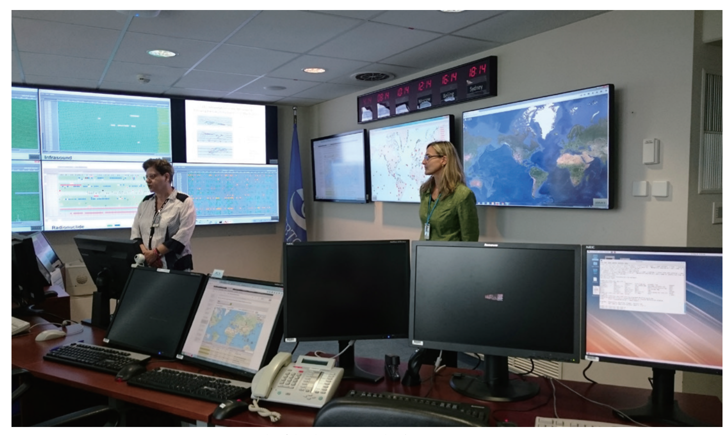
1986年車諾比事故發生後，UNSCEAR亦從事輻射曝露對健康影響的研究，1988年出版了緊急事故工作人員的輻射效應及全球的輻射曝露情況。該事故在各處的輻射劑量及其影響則於2000年出版。

冷戰時期的武器生產和試爆所造成的輻射是最近10年的研究重點，有關的報告出版於2000年及2001年。近年研究重點著重在有自然輻射的地方工作受到曝露或氡氣曝露、低輻射劑量曝露的生物影響、輻射對人類以外的物種的生物影響、輻射對免疫系統的影響、分子對輻射曝露的反應等。

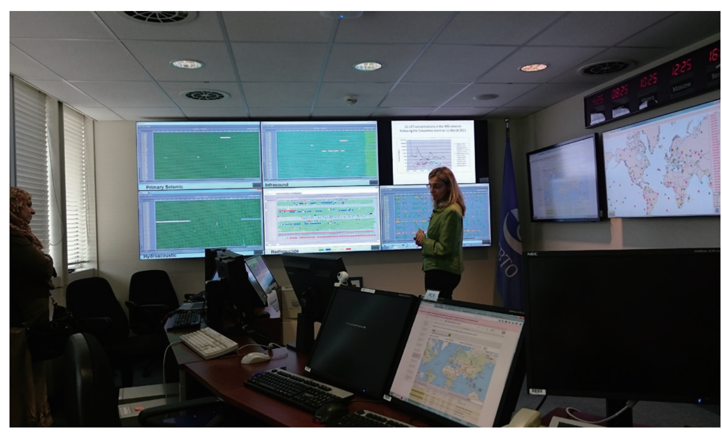
2006年為UNSCEAR成立50週年，當時的IAEA署長布力克斯博士（Hans Blix）稱許其貢獻，他表示UNSCEAR以獨立、科學、權威不斷地迎接挑戰，由於UNSCEAR的研究使全球在輻射安全方面有一致性的標準，希望有更多人知道UNSCEAR以及其作為。

全面禁止核試驗條約組織

全面禁止核試驗條約（CTBT）是為禁止任何人在任何地方進行核爆：包括地球表面、大氣中、水下和地下。期待透過條約的



▲ 國際數據中心系統介紹



▲ 國際數據中心展示說明

簽訂，阻止發展核彈，也希望能阻止核爆的放射性物質對人類、動物與植物造成巨大的傷害。

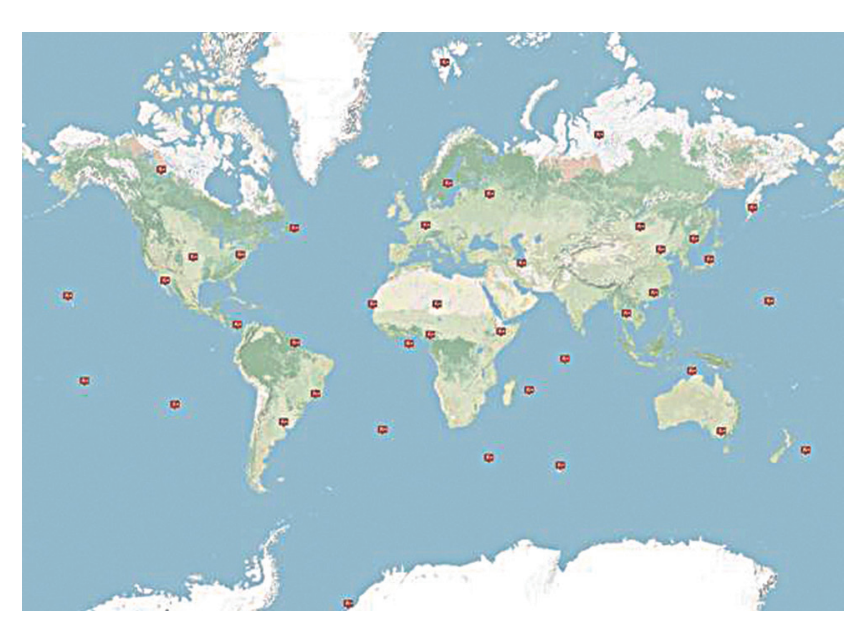
1945-1996年間，全球曾經有超過2,000次的核爆試驗，1996年9月10日聯合國大會通過《全面禁止核試驗條約》。但自1996以來仍有核爆發生，包括印度和巴基斯坦於1998年進行的核爆試驗，以及北韓於2006年、2009年和2013年進行3次核爆試驗。

條約共有183國簽署，但規定必須從所有44個裁軍談判會議成員國交存批准書之日起第180天生效，而目前尚有印度、巴基斯坦、北韓尚未簽署，美國、中華人民共和國、埃及、伊朗、以色列簽署但未正式批准，故尚未達到生效條件，因此目前CTBT組織仍屬於籌備會性質。

為確保能偵測全球核爆，該組織設置「國際監測系統」，未來完成時，全球將有337個設施進行地球核爆跡象監測。目前有超過85%監測站已完成建置並在運作中。

國際監測系統使用以下4項最先進的技術：

1.地震監測系統：包括50個主要監測站與120個輔助監測站，共同偵測地球中的震波。這些震波絕大部分是地震引起，每年約有好幾千次。但是也有偵測到人為的爆炸，例如挖鑛的爆炸或北韓核子試爆均曾被偵測到。
2.水聲監測系統：包括11個水聲監測站，偵測海洋中的聲波，因為爆炸的聲波可以在水下傳遞相當遠。
3.超低頻聲波監測系統：包括60個超低頻聲波監測陣列，可從地面上偵測到因爆炸引起而人類無法聽到的超低頻聲波。
4.放射性核種監測系統：包括80個氣體放射



▲ 全球 IMS 惰性氣體放射性核種監測站分布圖

性核種監測站，其中40個設有惰性氣體取樣站。唯有此項量測可以鑑別其他方法量到的爆炸是否為核爆。這些監測站是由16個放射性核種實驗室提供。

本次參訪CTBT組織的重點是認識設於CTBT組織總部的國際數據中心與超低頻聲波監測站，瞭解運作情形。

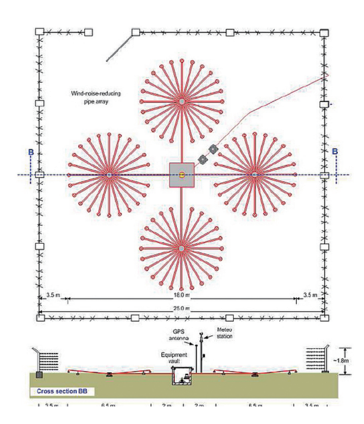
1.國際數據中心

設於維也納CTBT組織總部內的國際數據中心，從國際監測系統（IMS）全球各地監測站接收千兆位元組的資料，將設於全球各地地震、水聲、超低頻聲波與放射性核種監測站所傳送的原始數據，經過處理分析，再將分析結果與監測趨勢顯示於簡而易懂的圖表上，提供快速有效的判定依據。這些資料經過處理同時以原始與分析後形式存於全面禁止核試驗條約會員國。該中心管控並彙總各項監測系統的監測結果，具有各式即時顯示的功能，可隨時瞭解全球各地的監測狀況。

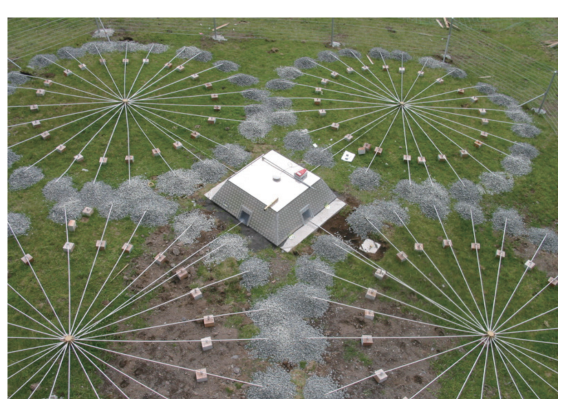
由展示資料可知，福島事故後，放射性核種擴散至全球的分布仍在持續追蹤；環境中惰性氣體能譜分析主要目的是監測地下與水下核爆排放，但目前量得的惰性氣體幾乎都來自核電廠；IMS各項監測結果同時也是全球防災的重要依據。IMS設置的80個氣體放射性核種監測站中有40個監測站（如上圖）具有惰性氣體取樣功能，分屬俄羅斯ARIX、美國ARSA、瑞典SAUNA以及法國SPALAX等4個實驗室所開發的系統。我國目前尚未建立環境惰性氣體監測站，這項技術非常值得執行環境輻射監測相關單位進行瞭解與研究。

2.超低頻聲波監測站

人類可以聽到的聲音頻率範圍在20-20,000Hz，頻率低於20Hz的聲波，稱為超低頻聲波。人耳對超低頻聲波基本上沒有



▲ 超低頻聲波監測陣列布置圖



▲ 超低頻聲波監測陣列



▲ 位在維也納的 CTBT 組織總部的超低頻聲波監測站

感受，但是它可以傳播到非常遠，而且不容易衰減，不易被水和空氣吸收，因此可利用它來進行爆炸的偵測。在設計上最重要也是最困難的就是要濾除干擾噪音，以提高信號的接收。超低頻聲波監測站儘可能設在背景噪音較低的位置，遠離大自然和人為的噪音來源。

IMS的超低頻聲波監測網絡是全球唯一的監測網絡，未來建置完成將分布於35個國家共60個陣列。每個陣列包含不同幾何圖形4個或更多個陣列元件、一個氣象站、中央處理設施和用於數據傳輸的通信系統如上圖所示。陣列元件數目更多，識別周圍噪音的效果更好，因此，強風區域的陣列元件數量較多。記錄的數據被收集在中央處理設施，然後傳送到維也納國際數據中心做進一步分析。本次是參訪位在維也納的CTBT組織總部的超低頻聲波監測站，令人印象深刻。

輻射的應用

文・編輯室

輻射是目前人類能廣泛加以應用的大自然力量之一，在醫學和工業方面貢獻尤其大。輻射在使用之時必須特別小心，雖然如此輻射能提供我們相當多的好處，例如在內科和牙科方面，使用X光射線來診斷骨折和蛀牙已有超過50年的歷史。

輻射也應用於癌症治療，我們經由使用仔細調整過焦點的輻射線來殺死癌細胞，並避免對鄰近的健康細胞造成太大傷害；此外，輻射也可經由注射放射性同位素進入體內，並應用電腦輻射偵檢造影器，來診斷無法以X光直接清晰透視的內臟組織。

輻射亦可應用在醫學器材的消毒，例如針筒消毒，由於一般高溫的消毒會破壞藥膏和繃帶的品質，輻射本身不具高熱，因此輻射消毒滅菌，有廣泛應用的趨勢。

放射照相技術在工業上的應用，就如同醫師利用X光射線一樣地廣泛，這種技術可用於檢視金屬鑄件或焊接部位的縫隙及缺陷，通常這些縫隙或缺陷是很難使用其他方法偵測出來。放射照相技術也可用於測量極微小的厚度，如金屬薄片；或是用於檢視建築物或雕像的結構缺陷。

輻射還有很多其他方面的應用，如藝術品鑑定及食物保存方面，利用輻射照射保存食物既不會降低食物原有的天然養分，並且也不會含有放射性。除此之外，考古學家也利用碳14的放射衰變計算出史前時期古物的正確時間。

天然的力量

自地球形成之初，輻射就是我們生活環境的一部分。雖然我們直到19世紀才知道輻射的存在，但從那時開始，它已成為我們最廣泛研究、最瞭解的自然現象。今日，輻射已被廣泛應用於醫學、實驗室及工業方面，由於我們對於輻射的效應以及可能的傷害已相當瞭解，也因此了解到監測並管制我們所受輻射劑量的必要性。藉由對輻射知識的瞭解，使得人類能夠擁有更美好的生活。

品管尖兵

香菸製造廠在生產線上裝設測定儀，應





用所含射源的貝他射線經射束窗穿透菸支，射向偵檢器，當菸絲密度增加時，其吸收的放射線也增加，偵檢器接收的放射線相對減少，由偵測到的放射線數量，可決定菸支的密度，經由系統的回饋來控制菸支的重量。

汽水廠在生產線上裝設液位儀，以加馬射線穿透鐵皮（鋁皮），來鑑別內容物是否足量，具有高效率與正確的功能。此外，利用貝他測量儀在生產線上如抄紙機、塑膠加工機及軋鋼廠等，測量產品基重並加以控制，能改善產品品質，提高生產效率，節省原料及能源。

而中子射線及加馬射線可以測量土壤、瀝青的溼度、密度，提高工程施工品質，加馬射線也可測量石化製程中原料的密度、液位，有效控制生產過程。使用氪-85放射性氣體射源，可作IC晶體及半導體電子成品密合性的測漏檢查。

做好輻射防護保安全

輻射是自然界中的一種能量，看不見、摸不著、聞不到，它就像空氣般充滿在我們的四周，所以我們每天都會接受到自然的輻射，只是一般人對「輻射」是什麼並不了解，以為只有在核電廠附近才會有輻射，也因此對核電廠產生排斥和恐懼，然而這種觀念是不正確的。其實除了天然輻射和核電廠之外，一般人還有可能會在某些特定的場所接觸到輻射，如果接受了不當或不必要的輻射劑量，就有可能產生輻射的生物效應，而造成身體或基因細胞上的傷害，所以具備基本的輻射防護知識，並在平日多加留心自身的輻射安全，就可以減少輻射曝露的機會，保障自身的安全。

資料來源：
原子能委員會《核能天地》

幫助您一覺好眠的技巧

文・編輯室

◎睡午覺的影響

如果您有難以入睡的問題，那麼午覺的時間要保持在20分鐘之內，而且睡午覺的時間不要太晚。

◎臥房內禁止藍光

藍光的短波可能會干擾到睡眠！睡前2-3小時保持房間周圍的燈光昏暗，睡前1小時關掉電視、電腦和其他會產生藍光的產品，在浴室使用夜燈，微弱的燈光會使大腦產生褪黑激素，幫助睡眠。

◎讓您的脖子保持在自然的位置

睡前要保持頸部在自然的姿勢，不要杵著脖子看電視，枕頭應該是要恰到好處的將脖子支撐在中間的位置。如果是側睡時，鼻子應該對準與枕頭的中心，最好避免扭轉脖子趴睡的姿勢。

◎放個枕頭，避免背痛

輕微的腰痛可能不會吵醒您，但卻可能擾亂睡眠的深沉度！側睡時，將兩腿之間夾一個枕頭，讓枕頭和臀部能有更好的調整，減少腰背的壓力；仰睡的人可以將枕頭枕在膝蓋下，可以幫助緩解夜裡的疼痛。

◎將床墊密封起來

小心！床墊上的黴菌、塵蟎及其糞便，以及其他會觸發過敏的物質，都可能會隨著時間的增加而增加，藉由密封床墊和枕頭，可以避免這些問題。



◎適時適量的運動

規律的運動可以幫助改善睡眠品質，但任何的劇烈運動要在睡前3-4時完成，睡前可進行像是瑜珈、太極等讓身心平和的運動。

◎調整生理時鐘

每天在同一時間睡覺和起床，即使是週末也是如此。這樣規律進行一段時間後，會使大腦和身體有一個較為健康的睡眠-覺醒週期。一段時間後就可以在夜裡很快地入睡。

專家表示對大部分的人來說，最適合的睡眠溫度是稍微涼一點的溫度-低於24℃，在臥房裡的一切應該要是與休息、放鬆有關，睡眠和性生活應該要是臥房裡的唯一消遣，避免在臥房裡算帳、講電話或看電視。

如果嘗試了不同的睡眠技巧，但是失眠的狀況還是持續超過1個月，就該與醫生討論，深入探討失眠的原因。憂鬱、藥物、胃食道逆流、氣喘、關節炎等等都是可能引起睡眠的原因。

6大理由避免洗手液

專家提醒您定期清洗雙手，可以預防感染。但洗手時用洗手液好嗎？洗手液可以殺死細菌，但是他們也有些可能會導致健康問題：

1.三氯沙（Triclosans）

三氯沙在洗手液中可以幫助防止細菌的生長，但美國化學協會2014年發現，三氯沙及辛基酚（octylphenol)會促使乳癌細胞生長；加州大學戴維斯分校研究發現三氯沙可以殺死腦細胞，其他亦有研究發現三氯沙會干擾荷爾蒙。

2.對羥基苯甲酸酯（Parabens）

洗手液常常添加對羥基苯甲酸酯這種化學物質，來防止細菌的生長。但Parabens已知與許多健康問題相關，包括：癌症、神經毒性、內分泌干擾、及對皮膚有刺激性。要避免選擇瓶身上標記含：對羥基苯甲酸乙酯（ethylparaben）、對羥基苯甲酸丁酯（butylparaben）、對羥基苯甲酸甲酯（methylparaben）、對羥基苯甲酸丙酯（propylparaben）的洗手液。

3.醇

洗手液約含有65%的酒精（乙醇)，研究發現，使用洗手液的人藉由皮膚吸收，血液中檢測出含有酒精，還有孩子舔了手而酒醉。汽化的酒精也會經鼻吸收。此外，不少洗手液中也含有具有神經毒素的異丙酮。



酒精也會分解皮膚的保護外層，而讓在洗手液中的化學物質（如對羥基苯甲酸酯)及感熱紙（簽單收據常使用的材質)上的雙酚A更容易穿透皮膚。近期發表於PLos ONE期刊的研究顯示，使用洗手液的受試者，這些物質的吸收量，相較於未使用洗手液者，高達100倍以上。

4.香精

含有香味的洗手乳通常有化學製品，這些往往是有毒的。許多含有鄰苯二甲酸鹽（phthalates），可使香味持續時間更久，但這是一種內分泌干擾物，可能會對過敏、呼吸困難、皮炎及生殖系統造成影響。如果一定要使用洗手液，建議選擇無香味的。

5.對免疫系統造成影響

洗手液殺死壞菌的同時也會殺死好菌，可能因此影響了您的免疫系統。美國疾病管制中心於2011年的一項研究發現，經常使用洗手液的醫護人員，感染諾羅病毒的風險達到將近600%。

（以上健康資訊由喜悅建康診所提供）

歐洲公眾參與放射性廢棄物管理的經驗

文・編輯室

2015年，歐洲委員會聯合研究中心（JRC）發布「 公眾參與歐洲原子能共同體計畫與放射性廢棄物管理經驗 」 的科學與政策報告。報告簡要介紹公眾參與歐洲原子能聯盟（Euratom）的計畫與放射性廢棄物管理情形、理論、方法與經驗。本文主要介紹在Euratom計畫與放射性廢棄物管理方面，公眾參與有關政策制定、政策設計、執行過程與資源配置的經驗。

放射性廢棄物管理（RWM）由於放射性廢棄物的特殊性，一直存有爭議。過去許多國家的RWM 機構在 RWM 計畫——特別是選址方面——缺乏與公眾進行溝通。現在的政府意識到公眾與當地的參與對任何RWM政策、計畫都至關重要。自2000年起，Euratom框架計畫（FP）就致力於在公眾與當地參與RWM方面提供政治關注與經濟支持。這份報告提供致力於改進公眾參與RWM的一般注意事項。

政策制定的經驗

1.公眾與當地社區在兩個主要方面參與RWM：一是參與國家政策與計畫制定的政策層面，二是計畫階段的執行層面；

2.公眾與當地社區應參與國家RWM方面政策與計畫的制定，而不僅僅是參與具體計畫的實施；



3.公眾參與時期越早，越有利於整個決策制定程序；

4.當地社區早日參與到決策制定程序對RWM非常重要。因此，國家與當地地區對於RWM 的論證要同時進行，並且越早進行越好。

政策設計的經驗

1.國家政策應當在法律法規問題、法律法規框架執行、監測與控制，以及所有經費的投入方面，明確各政府機關的角色與責任；

2.國家政策應明列公眾獲取的資訊與參與的程序；

3.公眾與當地社區的參與應該定期、常態性

的進行，而不是偶然、零星的活動；

4.在政策設計的經驗中，非常重要的一點是國家法律框架是否經由法律法規讓公眾與當地社區參與RWM 決策制定的程序；

5.由於歐盟成員國很多，因此公眾參與的性質、程序與工具因成員國不同而有差異，正式或非正式參與的細節正在討論之中。

執行程序的經驗

執行程序包括各個國家與地方的、國家與非國家參與者展開的一系列相互活動，主要包括3個方面：中央-地方層面的權力分配（政府間關係）；地方機構與委員會的建立；決策制定的各個階段（分階段決策）。

1.政府間關係

(1)當地社區應被賦予權力自願參與或不參與選址程序；

(2)當被賦予（正式或非正式）否決權時，當地社區會認為其在對話與決策中處於重要的參與者地位，因而更願意參與選址；

(3)當地的參與要持續到選址階段以後，例如在進行安全管制監測方面的決策制定時，要結合國家與當地參與者的想法；

(4)促進或阻礙參與的重要因素之一是信任，當地社區與公眾普遍對國家RWM、核能產業以及中央政府組織持有懷疑態度。

2.地方合作

(1)經由地方委員會或「地方合作夥伴」建立更為結構化的方式，改善地方參與情況。地方機構應包含瞭解當地框架結構的個人、組織，因此，要從廣大民眾、管制機構、執行者中，選出、召集一些當地代表、地方經濟參與者、工會與社區代表。管制機構與執行者要特別注意參與其中，提供資訊並回答問題。

(2)建立機制確保各方代表均參與其中，並保持他們的投入平衡。不過，很難確定什麼是「代表」， 以及選擇誰作為代表。

(3)在決策程序的早期階段就應建立地方合作夥伴關係。

(4)執行程序的最終目標不一定是做出一個決定，最重要的成就是參與者之間能夠相互學習。

(5)地方合作夥伴可以執行多個任務與活動：①制定當地對計畫的要求；②選址過程中進行研究與分析；③選址後的後續行動；④收集不同觀點的資訊；⑤瞭解專業可用資源；⑥告知公眾討論情況與主張建議；⑦在地方層面領導與建立對話機制；⑧與地區與國家層面進行對話並告知情況；⑨爭取沒有表達意見的大部分人群；⑩訓練成員等。

(6)當地機構可以得到外部專家的支持，提供當地代表的結論，使得當地政治人物能夠充分準備，與政府機構開展對話。

(7)地方委員會可能會面臨一些重要問題，包括：①地方委員會如何營運，其規則與組成；②確定地方委員會結構與組織的法律條文；③地方委員會成員與領導的選擇；④在廢棄物生產者、處置者與管制者中，地方委員會處於何種角色；⑤地方委員會如何能代表地方社區人們的意志；⑥地方委員會如何告知地方人民資訊，並接收建議；⑦採取什麼方法可以驗證地方委員會行動是否具有代表性，或地方是否支持與同意地方委員會活動。

3.分階段決策

(1)決策過程應在各個階段進行結構化處理。經由在國家與地區層面進行討論，明確各個階段情況，確定計畫的發展狀況，確定「進行」 與「不進行」下一步計畫的標準。在每個階段的末期，應當預測到可能

出現的一些情況 ，避免計畫最終失敗。

(2)分階段逐步決策的每個階段程序，可以允許地方政府仔細考慮對計畫每個階段的參與情況。明確計畫的階段、轉折點、各個參與者的角色與規則十分重要。當地社區還應該享有阻止或改變決定的權利。

(3)下一代人也有權重新考慮前人的決定。

資源配置的經驗

在政策論述中，資源通常包括用於形成與執行政策的實質資產與無形資產，如資金、人員、人才、經費、設備、知識與資訊、領導、能源、時間等。Euratom計畫出現的資源問題具有兩個特點，一是資源能力建設，二是資源補償。

1.資源能力建設

(1)公眾參與的計畫發展與計畫實施在很大程度上取決於資源的可用性。

(2)資源不僅僅是資金，還包括知識、經驗、時間等。

(3)中央與地方政府、非政府組織（NGO）應該提供充足的財政資源。當地社區必須獲得財政支持，使其有充足手段告知涉及的公民，但給地區提供的財政支持應該與執行者的財政支持相互獨立。充足的資金不僅可以引導當地正確參與計畫，也能引導NGO 等其他成員加入。

(4)資訊是非常重要的資源，參與者有權獲知足夠的資訊，掌握 RWM 的複雜性。

(5)當地參與者需要建設自己的能力，進入與國家決策者之間的公平對話中。因此，當地應藉由財政手段向專家請教。

(6)一旦當地經由正式或非正式程序參與國家的政策與規則決策中，當地參與者必須知道參與國家政策程序的切入點。

(7)對當地社區與 NGO 來說，如果希望參與到計畫過程中，其能力建設就顯得尤其重要。地方參與和NGO參與不同，可能會由於缺乏理解專業技術知識、組織能力、溝通技巧等特定的組織與個人，在參與計畫時受到限制。 ① 物質資源對當地的能力建設十分重要； ② 地方參與者經由不同地區的交流，可以互相學習經驗； ③ 同一個國家經常缺乏各個社區相互交流的資訊網絡，因此應該建立平台，幫助各個社區進行內部交流，分享相似問題與解決經驗，還可能影響國家決策。

(8)對利益相關者來說，時間是特別需要掌握的問題。

(9)要為當地參與者保證充足的時間，展開對話，建設投入。然而，這個過程比較漫長，可能使得利益相關者漸漸失去興趣，以及一些個人撤離計畫。

2.資源補償或區域發展政策

(1)承擔 RWM 的社區通常會獲得福利。

(2)經濟補償可能會快速獲得當地的肯定答覆，但是也可能會導致當地不去考慮長遠發展戰略。

(3)補償不能帶有「 賄賂 」 的功能。

(4)RWM 政策應被當地社區包含在更廣義的社會經濟發展戰略中，這樣承擔 RWM 設施的地區才會持續發展。RWM 設施的選址要考慮到當地的長期發展戰略計畫，包括基礎設施、就業等，RWM設施要能帶動當地經濟發展。

資料來源：
2015-10-29 中國核網，http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=114314

美國卡拉威核電廠新建乾式貯存設施完工

文・編輯室

位於美國密蘇里州中部的卡拉威核電廠已於今（2015）年5月完成地下乾式貯存設施的主要工程，並於近期開始將部分用過核燃料裝置束放入6座高17英尺的特製不鏽鋼密封桶（Cavity Enclosure Canisters），在完全密封後隨即移入地下新建的乾式貯存設施內。

卡拉威核電廠僅由一座12.84萬瓩的壓水式反應爐所組成，自1984年即開始運轉，所有的用過核燃料均存放在電廠內的用過核燃料池內。至目前為止池內已存放約1,800束的用過核燃料，這座用過核燃料池最多僅能存放2,300多束燃料裝置，聽起來或許還沒接近緊繃的狀態，但卡拉威電廠已於今年3月獲美國核能管制委員會（NRC）准許，將電廠運轉執照延長20年至2044年。因電廠內的用過核燃料池預計將在2020年貯滿，卡拉威電廠營運公司向美國乾式貯存設施供應廠商之一的Holtec公司簽屬一份興建乾貯設施的長期合約，內容包含了乾貯設施的設計、建造、防護措施、用過核燃料自燃料池移至



▲位於卡拉威核電廠的乾式貯存場址在開挖後放入48座密封桶容器（圖片來源：Holtec公司）



▲ 混凝土澆灌作業完成後的乾式貯存設施外觀（圖片來源：Holtec 公司）

密封桶內的轉移工程等。

每間隔18個月，卡拉威電廠均需要暫停運轉一次，以替換電廠內1/3、約60束的燃料棒，並將更換出的用過核燃料移入用過核燃料池內貯存，卡拉威電廠的處長艾波（Shannon Able）表示，目前燃料池雖然還沒貯滿，但也快了，新建乾式貯存設施並不是為了要關閉電廠內的用過核燃料池，因為剛從反應爐中移出的用過核燃料仍須浸泡在用過核燃料池內大約5年的時間，待冷卻足夠過後才可移入特製的不銹鋼密封桶，以乾式貯存方式儲存。

這些特製的密封鋼桶每座均可容納37束燃料裝置，每束燃料裝置含有98,445塊燃料丸，而這座剛完工的乾式貯存設施可放置48組特製密封鋼桶，共可貯存1,776束燃料裝置。這座乾貯設施深7.6公尺，在2014年11月48座密封桶的安置作業完成後，密封桶周圍混凝土灌入作業隨即開始，分成3個階段施工，灌入量超過7,645立方公尺，已於今年初完成混凝土澆灌作業。從卡拉威核電廠燃料廠房至乾貯設施的運輸道路工程也已完成，待各種演練操作完成後就可以開始將用過核燃料移入此設施。

除了設備完善之外，這座乾貯設施的安全也受到卡拉威電廠嚴密的控管，艾波指出，這座乾貯設施的輻射劑量每小時只有0.002毫西弗，比照一次牙齒X光接收到的輻射劑量（每小時0.005毫西弗）還要低。此乾式貯存設施雖然是首次在卡拉威電廠使用，但目前已運用在美國其他98座核電廠內，將用過核燃料放入混凝土與鋼筋結構的不鏽鋼密封桶中，永久封存後即放入地下貯存室以乾式貯存的方式貯存，保護電廠工作人員與周圍居民不受放射性物質的危害。

艾波同時也提到，乾式貯存設施最大的優點就是不需要任何水源或電力，不像用過核燃料池需要維持一定的水位，還



▲ 首批用來裝置用過核燃料的多功能密封桶（圖片來源：Holtec 公司）

要確保冷卻水泵不間斷運作等等。美國核管會對乾式貯存的評論為：「既安全又環保」；分桶貯存的系統可以抑制輻射、控管熱度，還可預防核分裂，但前提是此系統必須能抵抗地震、龍捲風、洪水、極端溫度等非人為災害。一座裝有用過核燃料的密封桶所散發出的熱度比家用暖氣排出的溫度還要低，且不需要透過任何風扇或泵的幫助，其熱度與輻射劑量均會隨著時間的增長而減少，但所有的密封桶仍會受到不間斷的監測與監督。

依照美國法律規定，政府須負責制定用過核燃料最終處置的策略，自1992年至2009年間該策略選定雅卡山（Yucca Mountain）為美國用過核燃料最終處置場場址，但美國能源局在2013年初宣布新的用過核燃料最終處置策略，在2048年、最終處置場完工且開始運轉前，將先建立一系列的中期貯存設施。另外，Holtec公司也在今年4月底時，與由新墨西哥州數個城市所成立的能源公司Eddy-lea Energy Alliance一同宣布，將在新墨西哥州的東南部建造一座中期貯存場，也將採用與卡拉威電廠乾貯設施相同的技術（HI-STORM UMAX）來建設。

資料來源：

1. http://news.stlpublicradio.org/post/callaway-nuclear-plant-shift-some-waste-dry-storage-not-all
2. http://www.world-nuclear-news.org/WR-Callaway-fuel-store-nears-completion-0505154.html
3. http://www.abc17news.com/news/new-spent-fuel-storage-at-fulton-nucelar-plant/34919480
4. http://www.holtecinternational.com/?s=callaway

韓國新古里電廠 3 號機開始裝填核燃料

文・編輯室

韓國核電營運商－韓國水力與核能公司（KHNP）在今（2015）年11月4日宣布，位於韓國東南方的新古里核電廠3號機將開始裝填核燃料。該機組為韓國首座APR-1400型號反應爐，預計於2016年中開始商轉。

自10月29日即獲得運轉許可的新古里3號機，根據韓國水力與核能公司表示，電廠工作人員目前已開始裝填共241束核燃料的工作，將於9日後完工。一旦裝填工作完成將開始進行各種性能測試，包含機組運轉逐漸達到功率滿格期間的性能檢查，還有用來確保反應爐的主要電路，是在正常的溫度與壓力下運轉的熱功能測試等，而後期的測試將著重在機組是否能在各種異常狀態下仍正常運轉。韓國水力與核能公司指出，預計將需要將近7個月的時間來完成所有的性能測試，完成之後機組才會開始正式投入商轉。

新古里3號機的工程開始於2008年10月，該機組同時也是首座韓國研發設計的進步型壓水式反應爐APR-1400，型號同樣也是APR-1400的新古里4號機則預計在2017年初開始運轉。最早新古里3號與4號機初估的商轉時間分別落在2013年底與2014年9月，但因為機組內控制纜線的測試與替換，商轉時間因而延遲。



▲ 新古里 3 號與 4 號機（圖片來源：韓國水力與核能公司）

此外，仍處於建設中的韓國另兩座13.5萬瓩的壓水式反應爐—新蔚珍1號與2號機的機組實體，分別於2012年7月與2013年6月完工，預計在2017年4月與2018年2月陸續投入運轉；另外，韓國已計畫在新古里與新蔚珍核電廠再建設兩座APR-1400型號反應爐。而自韓國出口至阿拉伯聯合大公國的4座APR-1400機組目前也已開始建設工程，預計4座機組均於2020年開始運轉。

參考資料：

http://www.world-nuclear-news.org/NN-Fuel-loading-under-way-at-Shin-Kori-3-0411154.html

核能新聞

文 · 編輯室

國外新聞

英國將高放射性廢棄物運回日本及瑞士

英國已於近期完成第5階段的玻璃固化高放射性廢棄物的運送作業，終點為日本。英國用過核燃料處理機構的賽拉菲爾德公司（Sellafield Ltd）表示，5罐運輸桶內總共存放了124罐高放射性廢棄物，使用專門的運輸船艦Pacific Grebe，於9月16日運送至日本的陸奧小川原港口。這批運輸桶透過鐵路運送，自英國坎布里亞郡的賽拉菲爾德廠，運送至巴羅因佛內斯港口後裝載上運輸船，抵達日本後該批運輸桶將透過公路運輸，運送至青森縣東北方的六所村（隸屬日本核子燃料有限公司，JNFL）玻璃固化廢棄物處置廠儲存。

賽拉菲爾德公司提到，整體來說，這次是1995年以來歐洲第17次向日本運輸這類物品，在每座運輸桶外殼拆除並移入貯存設施之前，都將經過一系列精密的檢查與偵測。而他們所使用的特殊運輸船艦則屬總部位於英國的太平洋核子運輸公司（Pacific Nuclear Transport Ltd）所經營的船隊，該公司由英國國際核能服務公司（International Nuclear Service）所持有，為英國除役管理局（62.5%）、法商亞瑞華（12.5%），與其他占少部分股份的日本核電廠營運公司共同出資成立。

另一批由亞瑞華公司負責、自英國往瑞士運出的玻璃固化高放射性廢棄物也於今（2015）年9月完成運輸工作。這批用過核燃料以海運的方式，自英國的巴羅因佛內斯海港運送至法國西北角的瑟堡，再以陸運的方式運送至瑞士，這次的運輸內容物為3座運輸桶，每座內含28罐玻璃固化廢棄物。

2015.09.21, Nuclear Engineering International

全球首座漂浮核電機組預計2019年投入商轉

根據俄羅斯國家原子能公司（Rosatom）公開的消息顯示，Rosatom發明建造的首座漂浮核電廠「羅蒙諾索夫院士號（Akademik Lomonosov）」預計2019年開始商業運轉，並取代位於楚科奇半島（Chukotka Peninsula）即將除役的比利比諾（Bilibino）核電廠。目前這座漂浮核電廠的工程已達85%，預計在今（2015）年年底前進行港口接收測試，於明年初準備就緒。

這座漂浮式核電廠將提供俄羅斯沿海大型生產設施、港口等平台有利的電力來源，目前已有多個國家意識到移動式核電廠的重要性，也正在努力的研發當中，但Rosatom相信他們在這方面的實力比其他海外競爭對手高出許多。

羅蒙諾索夫院士號的首席工程師柯華亞夫（Alexander Kovalyov）表示，長170公尺的核電廠廠址基本上已完工，除了可提供78名船員住宿之外，廠址內還建有核燃料與用

過核燃料的貯藏室，目前僅剩少部分小型工程還未完成。

Rosatom認為，由於這是全球首座漂浮核電廠，必須優先考量的是可靠性、安全性與嚴密的廠內測試。羅蒙諾索夫院士號在技術、複雜性、鋼筋消耗等方面均可媲美旗艦級核子動力破冰船艦「北極號」（目前與羅蒙諾索夫院士號在同一個造船工廠建造中），但是漂浮核電機組的建設成本卻比「北極號」低了將近30%，Rosatom期望下一座漂浮式核電機組的成本將降至更低，專家也相信漂浮式核電機組所生產的電力將比燃油、燃氣、燃煤等火力發電廠還容易負擔。

因為該漂浮式核電廠與一般船隻相似，需要船員居住在核電廠內以維持機組運轉。Rosatom已於今年9月開始培訓機組人員，總共78位，培訓時間將長達2年，培訓內容包含核電機組的理論與實務知識等，時數將超過1千多小時。

預計在羅蒙諾索夫院士號穩定的運轉下，Rosatom此舉將引起多數國家的興趣，進軍全球移動式核電機組的市場。因地球上仍有數百個小島與偏遠地區均有電力、火力與淡水資源的需求，Rosatom已著手開始與數個有潛力的國家商談漂浮式核電機組的相關輸出計畫。

2015.09, Rosatom Newsletter #99

日本川內 2 號機重啟、高濱電廠 3、4 號機安檢過關

日本朝重啟核能再次邁出重大一步，位於日本南方鹿兒島的川內電廠2號機跟隨著1號機的腳步，已於今（2015）年10月15日重啟，預計於11月中下旬開始商業運轉；而位於福井縣的高濱核電廠，在進行電廠內設備更新後，日本核能規制委員會（NRA）也於10月中同意發給運轉許可，使得高濱電廠兩座機組成為日本第3及第4座獲准重新啟動的反應爐。

由九州電力公司所營運的川內核電廠，兩座機組均在2011年福島事故後即停止運轉，並分別在當年的5月及9月接受詳細的檢查，必須確保其符合因福島事故而修改過的新式法規後，才可重啟。除此之外，川內電廠也因擁有當地居民的支持，重啟申請受到優先處理。

另一方面，由關西電力公司所持有的高濱核電廠，其中的3、4號機也於今年2月獲NRA授權，可變更兩座核電機組的組件設計，這同時也代表著，NRA視這兩座核電機組為可安全運轉的反應爐，並於今年10月9日批准高濱電廠的安全運轉計畫，計畫內容包含火災、水災等天然災害與重大意外的緊急應變措施等。NRA規定，兩座機組均須在重啟前完成預先啟動檢查，才可恢復運轉。

截至目前為止，NRA僅通過4部反應爐機組的重啟申請，仍有17部機組處於安全評估的審查階段。

2015.10.09&2015.10.15, WNN

美國核能管制委員會 20 年來首次頒發新建反應爐運轉許可

美國核能管制委員會（NRC）於今（2015）年10月底，批准田納西流域管理局（TVA）位於田納西州Spring市的瓦茲巴（Watts Bar）核電廠2號機的運轉執照，這是NRC在20年來首次發放核電廠運轉許可給新建核電廠。在過去的40年內，瓦茲巴電廠一直處於發展困境，在完成電廠施工工程並經歷無數次的檢查之後，TVA現在已可開始

為瓦茲巴2號機裝填燃料並開始發電，NRC首次批准的運轉年限為40年。

瓦茲巴電廠2號機被《原子科學家公報（Bulletin of the Atomic Scientists）》戲稱為「史上施工工程時間最長的核電廠」，建築工程於1972年就已開始，但工程卻在1985年時暫停，當時只完成60%的進度，TVA當時已耗資17億美元在瓦茲巴2號機，遠超過1號機的成本8.25億美元。

TVA在2007年恢復2號機的施工工程，但在2011年福島事故後，所有電廠均必須遵守NRC制定的新式安全法規，反應爐的建造工程也因此再次遭到延遲；但換句話說，瓦茲巴電廠2號機也是美國首座符合NRC因福島事故而制定的新式安全法規的核電機組，其完工的總成本也因此高達45億美元。

2015.10.26, The Verge

比爾蓋茲：對泰拉能源與中核集團在核能方面的合作充滿信心

今（2015）年11月11日，中國核工業集團（以下稱「中核集團」）聯合中國工程院，一同邀請美國泰拉能源（TerraPower）董事長比爾蓋茲（Bill Gates）到中國，以「科技創新與清潔能源」為主題做學術專題報告，中核集團與中國工程院多位高層均出席此會議。

中核集團總經理錢智民表示，由蓋茲創立的泰拉能源公司與中核集團已密切開始合作，希望能在核能的安全、耗乏鈾的利用、核不擴散的控制與核能的經濟性等方面有所突破；假設中國的反應爐在確保安全的情況下，除了提供電力之外還能供熱、供暖，以及提供其他動力與功能的話，會是什麼情形，相信全世界的核子科技工作者都在為這個夢想勤奮不懈的努力。

蓋茲在報告時也提到，泰拉能源公司與中核集團合作，致力於開發新的核能相關技術—行波反應爐（Traveling wave reactor，TWR，屬第4代反應爐系統）。行波反應爐與目前市面上的反應爐不同，所使用的燃料為耗乏鈾而不是濃縮鈾，耗乏鈾是提煉、濃縮鈾礦時所產生的一種副產品。泰拉能源公司與中核集團的合作也因此得到雙方政府的大力支持，並鼓勵雙方合資成立公司，對於這項合作，蓋茲表示他充滿信心。

根據中核集團表示，中美兩國政府與企業在行波反應爐的交流始於2009年9月，中核集團於2011年受中國國家能源局委託，開始與美國泰拉能源公司探討合作的可能，中美兩國政府更於2013年底簽屬核能合作協議與相關文件，並於2014年開始生效；身為中美各自授權的企業，中核集團與泰拉能源公司於同年7月即開始展開實質性的合作與交流。

此外，在今年9月底於美國西雅圖召開的中美省州合作研討會上，中核集團與泰拉能源公司簽屬雙方將在行波反應爐方面合作的相關文件，該文件的簽屬是中核集團與泰拉能源公司，在雙方政府之下展開合作的重要里程碑，同時也為雙方展開深入合作奠定基礎。蓋茲在簽字結束後的發言中提到，希望雙方在行波反應爐的合作能為中國與全球的潔淨能源作出貢獻。

2015.11.11，中國核工業集團

國內新聞

日本工商會：核四不商轉，2020年缺電風險大增

台北市日本工商會11月6日遞交「2015年白皮書」給國發會。日本工商會指出，2020年台灣缺電風險將大增，若台灣公共事業穩定性有疑慮，會大大降低外國廠商投資的吸引力。

日本工商會白皮書提出5項主要政策建議：國內經濟改革、決策流程透明化及政策延續性、加強推展台日雙方經濟合作、維持台日政府對話、因應全球化經濟盡速與他國簽訂自由貿易協定（FTA）或加入跨太平洋夥伴協定（TPP）、區域全面經濟夥伴協定（RCEP）。

日本工商會理事長竹內功表示，若核四無法商轉，核一、核二又陸續除役，2020年電力明顯不足的風險將大增；供水如果過度依賴降雨，也會損及用水穩定供應的風險。日本工商會建議，可建置替代性發電系統或利用智慧型配電網等推廣能源節約，用水供給部分則降低漏水率或設置海水淡化設備等，建立穩定的供應機制。

2015.11.06，本刊訊

核一乾貯設施不會蝕穿影響民眾安全

媒體報導核一廠乾貯場恐一年蝕穿，經查該媒體將氯鹽沉積率的單位克/平方公尺誤解為毫克／平方公尺所致，兩者相差1,000倍。

事實上，國內乾貯場符合國際安全標準，並無安全疑慮。有關金屬的應力腐蝕或腐蝕行為，是要看長期的數據，不能以短時間的環境因子做評估基礎。原能會已要求台電公司必須持續量測氯鹽濃度及應力腐蝕監測數據，定期取樣分析，以確保乾貯桶的密封安全性能，並提送乾貯設施維護與監測計畫，併同運轉執照申請文件送審，以強化貯存安全。

原能會曾參照美國金屬協會（American Society of Metals）針對304不銹鋼在沿海潮濕及鹽霧環境下的腐蝕測試結果，乾貯設施使用期限為40年，局部金屬表面平均腐蝕深度為9.4×10^{-3}公分（< 0.01公分）。由於核一、二乾貯密封鋼桶材質為304L不銹鋼（抗腐蝕性能較佳），發生腐蝕所影響的厚度小於0.01公分，對結構完整性影響極小，不會影響密封鋼桶的安全性。

台電也澄清表示，曾於2013年進行為期一年的環境氯鹽監測，測得氯鹽年平均值為82.9毫克／平方公尺，與媒體報導所採美國核能管制委員會（NRC）不鏽鋼表面測得0.1毫克的量測標的截然不同，不能直接類比換算。台電強調，乾貯設施皆符合美國核管會標準，貯存50年也不會蝕穿。

台電強調，台電乾貯設施皆源自美國核管會核准，更依據美國金屬協會測試結果，以氯鹽濃度更高的海水環境進行長達50年的測試推估，其累積腐蝕深度也僅達設計金屬厚度的千分之7，絕不會發生蝕穿情形

台電表示，乾貯作為核廢料中期貯存技術，國際間已有超過28年以上運轉經驗，目前全球有超過120座正運轉中，其中包含日本、韓國等19座位於環境與台灣相似的海邊，皆無蝕穿情況，請民眾放心。

2015.10.26，本刊訊

何博士的日常豆知識

Q：請問是否越靠近核能電廠輻射值越高的嚇人呢？

我感覺還是怕怕的，去醫院做一下X光檢查比較保險...

你知道嗎？
照一次X光的輻射量
比住在核電廠旁邊一年還高喔！

居住核電廠附近
每年輻射劑量為
0.001毫西弗

胸部X光攝影
每次輻射劑量為
0.02毫西弗

搭飛機台北往返美國西岸
每次輻射劑量為
0.09毫西弗

台灣每人接受天然背景輻射
每年輻射劑量為
1.6毫西弗

每天抽30支香煙
每年輻射劑量為
13毫西弗！

吸煙過量 有害健康

輻射量低

輻射量高

輻射無處不在，了解它、不用懼怕！

何博士的日常豆知識

Q：聽說核電廠周遭環境會被輻射汙染，真的嗎？

舒爽啊～
好幾天沒洗澡了

薰

臭

要放心

台灣核電廠到底有沒有輻射汙染？
原能會和台電比我們更想知道！

原能會和台電佈下天羅地網，
嚴密偵測所有核能設施實施，
包括直接輻射、空氣微粒、雨水海水河水地下水、
農作物、土壤、海底沉積物等29個偵測項目！

台灣所有核電廠的環境輻射值，都在正常背景值，
遠低於法規限值！所有的監測結果（包括即時測量數值），
也都公布在網站上，歡迎大家查閱！

原能會

台電

台灣核能設施沒有輻射汙染問題，大家可以絕對放心